

SKRIPSI

**"Studi Perencanaan Gedung 7 Lantai Dengan Menggunakan Rangka Baja
Pemikul Momen Khusus pada Gedung Kuliah Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Malang"**



Disusun oleh :

MOHAMMAD RIAN

12.21.127

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

MALANG

2016

SKRIPSI

“Studi Perencanaan Gedung 7 Lantai Dengan Menggunakan Rangka Baja Pemikul Momen Khusus pada Gedung Kuliah Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang”



Disusun oleh :

MOHAMAD RIAN

12.21.127

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN
RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

Dipertahankan Di hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Kamis

Tanggal : 11 Agustus 2016

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

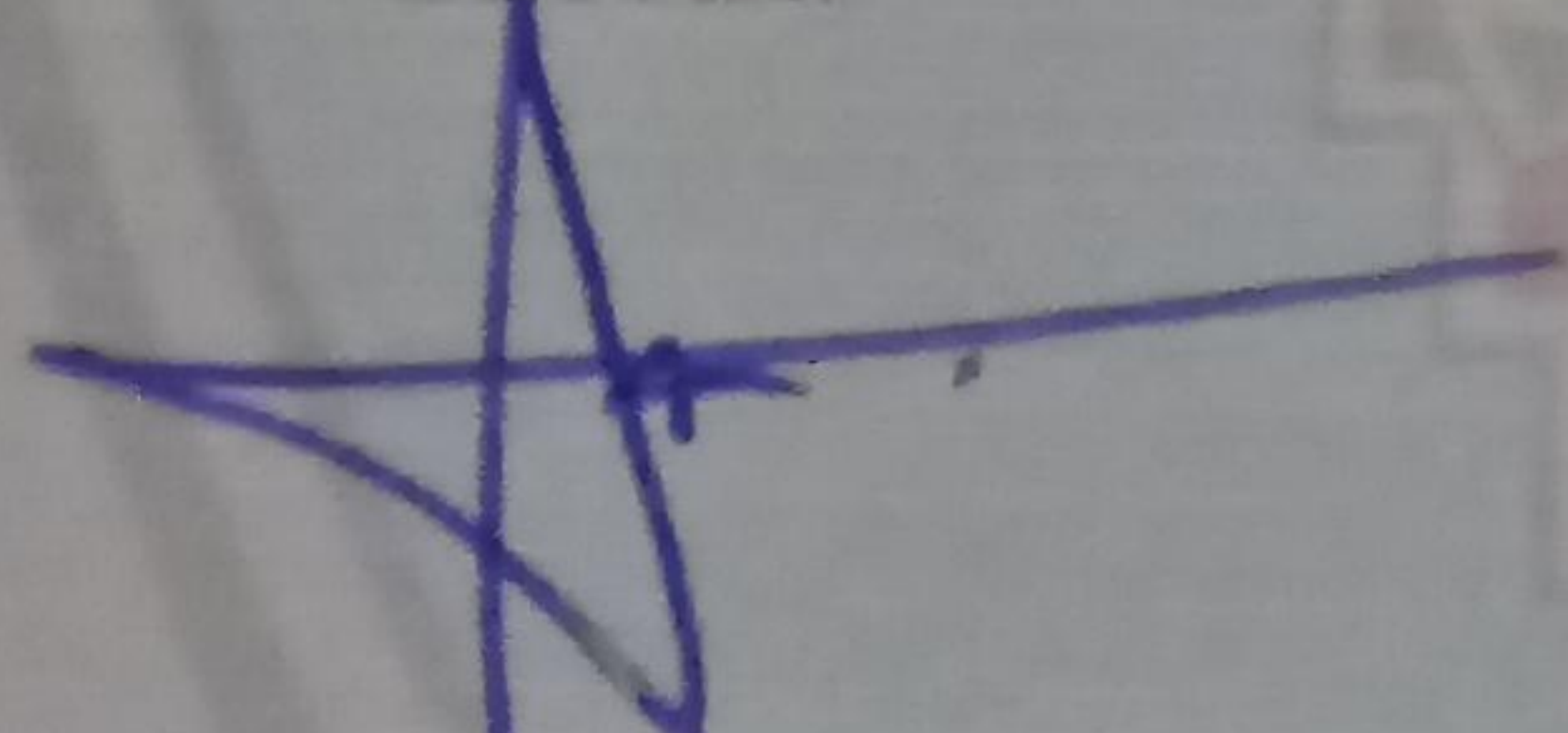
Disusun Oleh :

Mohamad Rian

12.21.127

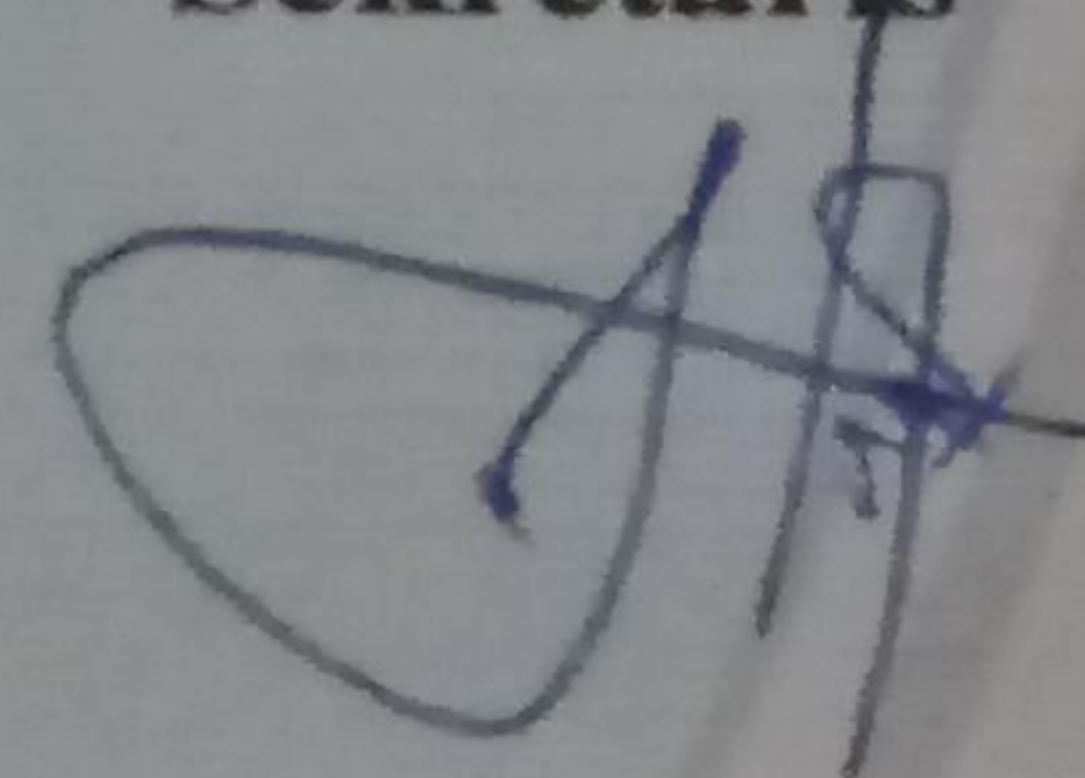
Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

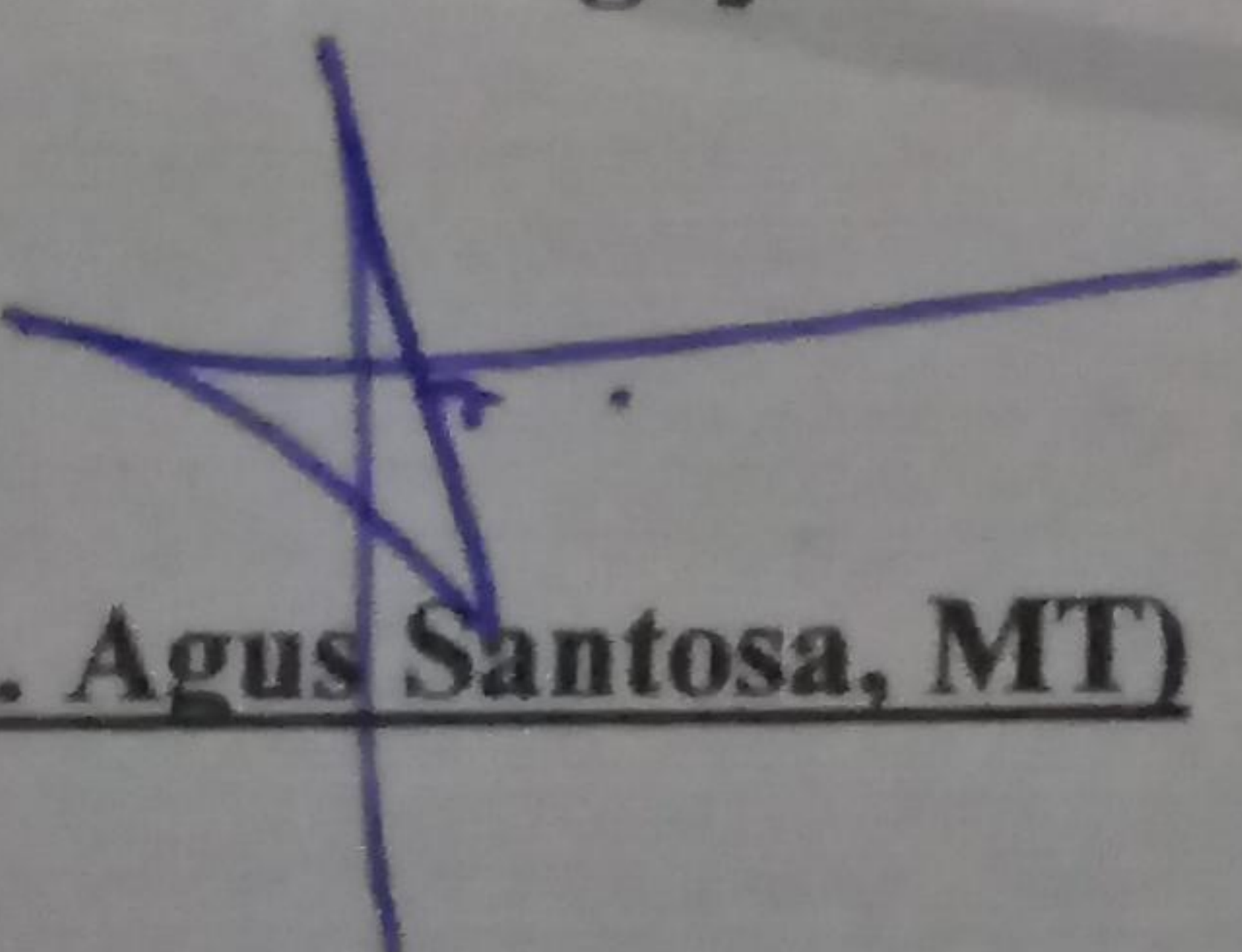
Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Dosen Penguji II



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN
RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Institut Teknologi Nasional Malang*

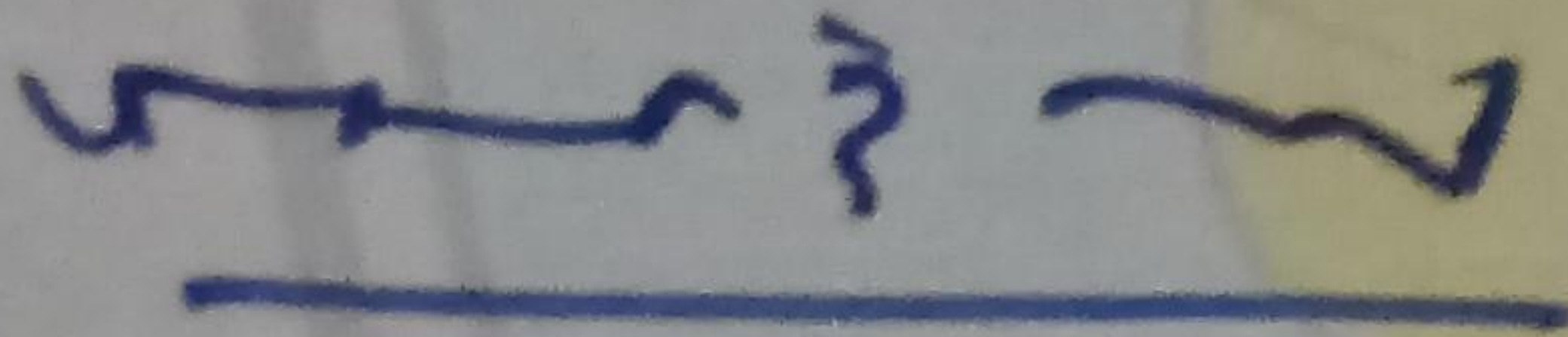
Disusun Oleh :

Mohamad Rian

12.21.127

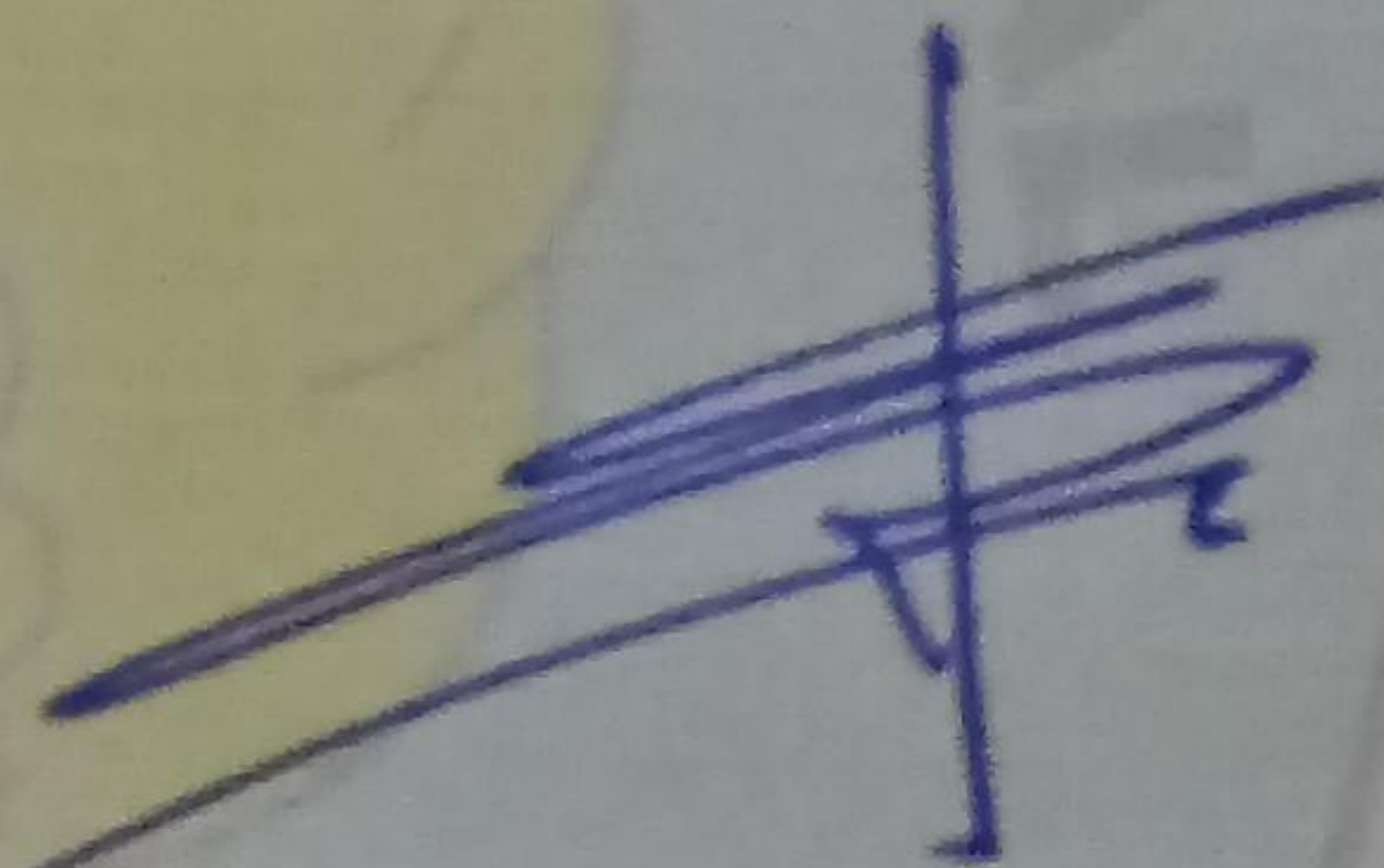
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1



(Ir. H. Sudirman Indra, MSc.)

Dosen Pembimbing 2



(Mohammad Erfan, ST.MT.)

Malang, Agustus 2016

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohamad Rian

Nim : 12.21.127

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Studi Perencanaan Gedung 7 Lantai Menggunakan Rangka Baja Pemikul Momen Khusus Pada Gedung Kuliah Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang” benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya.

Malang, September 2016

Yang Membuat Pernyataan



Mohamad Rian

12.21.127

ABSTRAKSI

“Studi Perencanaan Gedung 7 Lantai Dengan Menggunakan Rangka Baja Pemikul Momen Khusus pada Gedung Kuliah Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang”, Oleh : Mohamad Rian, (Nim : 12.21.127), Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra., M.sc. Dosen Pembimbing II : Mohammad Erfan., ST.MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam mendesain suatu struktur yang baik, kita tidak hanya memperhitungkan struktur tersebut mampu menahan beban kerja sama namun perlu juga memaksimalkan kemampuan layan (momen kapasitas) serta mengendalikan atau membatasi lendutan dan getaran sehingga diperoleh profil yang ringan yang tentunya semakin ekonomis, hal itulah tujuan akhir diharapkan.

Penerapan desain LRFD atau sering disebut plastic desain ultimate, collapse desain merupakan sebuah kemajuan yang sangat penting dalam bidang sipil sehingga desain yang diharapkan sesuai asumsi-asumsi pembebanan yang mendekati perilaku nyata berdasarkan analisa ilmu statistic dan probabilitas. Strong coulomb weak beam adalah sebuah desain dalam struktur, sehingga kemampuan layan profil (coulomb and beam) dan desain sambungan dari hasil analisa tentunya mampu melayani selama masa pakai struktur tersebut sesuai umur rencana, sampai terjadinya sendi – sendi plastis (keruntuhan). Penggunaan Las fillet dan baut mutu tinggi A325 pada desain sambungan sangat sesuai karena memiliki tegangan tarik putus yang besar, sekaligus meminimalisir jumlah baut pada sambungan.

Kajian ini menggunakan data perencanaan gedung kuliah fakultas ilmu social Universitas Negeri Malang, dengan bentang panjang gedung 54.00 m dan lebar gedung 18.00 m dengan menggunakan struktur baja. Perencanaan disesuaikan dengan peraturan SNI 1729 – 2002, SNI 1726 – 2012, SNI 1727 – 2013, dan SNI 1729 – 2015. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan program bantu Staad Pro V8i 2007. Hasil yang diperoleh dari perencanaan ulang ini menggunakan struktur baja, baja yang digunakan untuk kolom H Beam dengan ukuran 500x500x16x32, untuk balok menggunakan WF ukuran 500x200x10x16, WF 300x150x6.6x9, dan untuk gording menggunakan Lips Channel ukuran 150x50x20x3.2, untuk sambungan menggunakan sambungan las dan baut, tipe baut yang digunakan A325 dengan ukuran 7/8 in (22.225 mm). Base plat menggunakan ukuran 700 x 700 mm dengan ketebalan 60.00 mm, dan jumlah angkur 4 buah berdiameter 19 mm dengan panjang 600 mm.

Kata kunci : Momen Kapasitas, Lendutan, Sendi Plastis dan LRFD.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk digunakan sebagai persyaratan dalam menempuh Skripsi di Program Studi Teknik Sipil.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu tak lupa juga saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MTA selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. H. Sudirman Indra, MSc. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang dan Dosen Pembimbing I .
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1 dan Dosen Pembahas I.
4. Ibu Ir. Munasih, MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil S-1.
5. Bapak Mohammad Erfan, ST. MT. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT. selaku Dosen pembahas II.

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam Skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat penyusun harapkan, akhir kata semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR..... i

DAFTAR ISI..... ii

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR..... vii

DAFTAR NOTASI..... vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan 2

1.4 Manfaat 2

1.5 Lingkup Pembahasan 3

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa 5

2.2 Struktur Portal Baja Tahan Gempa 6

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen (Momen Resisting Frame) 6

2.3 Beban – Beban Yang Bekerja Pada Konstruksi..... 10

2.3.1 Beban Mati..... 11

2.3.2 Beban Hidup 11

2.3.3	Beban Angin	12
2.3.4	Beban Gempa	13
2.3.5	Kombinasi Pembebanan.....	24
2.4	Pengaruh Beban Gempa.....	25
2.4.1	Pengaruh Beban Gempa Horizontal.....	26
2.4.2	Pengaruh Beban Gempa Vertikal.....	26
2.4.3	Kombinasi Beban Gempa	26
2.5	Perencanaan Elemen Struktur	28
2.5.1	Desain Kekuatan Elemen.....	28
2.5.2	Komponen Struktur Untuk Lentur	28
2.5.3	Komponen Struktur Untuk Tekan.....	32
2.5.4	Komponen Struktur Yang Mengalami Gaya Kombinasi.....	35
2.6	Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ..	36
2.6.1	Sambungan Balok ke Kolom	36
2.6.2	Daerah Panel Untuk Sambungan Balok ke Kolom.....	38
2.6.3	Batasan – Batasan Terhadap Balok Dan Kolom.....	40
2.6.4	Pelat Terusan.....	41
2.6.5	Perbandingan Momen Kolom Terhadap Momen Balok	41
2.6.6	Kekangan Pada Sambungan Balok Ke Kolom	43
2.6.7	Pengekang Lateral Pada Balok	45
2.7	Perencanaan Sambungan.....	45
2.7.1	Sambungan Balok Kolom	46
2.7.2	Sambungan Balok Ujung – Balok Ujung.....	50
2.7.3	Sambungan Las Pada Plat Ujung.....	50

2.8 Plat Landasan (<i>Base Plat</i>)	52
--	----

BAB III PERHITUNGAN STATIKA

3.1 Data – Data Perencanaan	60
3.1.1 Data Umum Bangunan.....	60
3.1.2 Data Material	60
3.2 Pendimensian Struktur	61
3.2.1 Balok	61
3.2.2 Kolom	62
3.2.3 Gording	62
3.2.4 Pendimensian balok komposit	63
3.3 Pembebanan	72
3.3.1 Perhitungan Pembebanan.....	74
3.3.2 Perhitungan beban masing-masing lantai	74
3.4 Beban Gempa.....	101
3.4.1 Peta Zona Gempa Indonesia	101
3.4.2 Menentukan Nilai S_s dan Nilai S_1	104
3.4.3 Menentukan kategori resiko bangunan dan factor keutamaan ..	105
3.4.4 Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS).....	106
3.4.5 Membuat spectrum Respon design	109
3.4.6 Menentukan Perkiraan Perioda Fundamental Alami	109
3.4.7 Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen	111
3.4.8 Menentukan Faktor R , C_d Dan Ω_0	111
3.4.9 Menghitung Nilai Base Shear	112
3.4.10 Menghitung Gaya Gempa Lateral F_x	113

3.5 Eksentrisitas Rencana (e_d)	116
3.6 Pengaruh Beban Gempa.....	117
3.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai	119
3.7.1 Batasan Simpangan Antar Lantai.....	119
3.7.2 Simpangan Antar lantai Tingkat Desain	119

BAB IV ANALISA PERENCANAAN

4.1 Perhitungan penampang Balok Komposit.....	121
4.1.1 Perhitungan Balok Induk	121
4.1.2 Perhitungan Balok Anak	145
4.2 Perhitungan penampang Kolom.....	170
4.3 Sambungan Balok Induk Kolom.....	179
4.4 Perhitungan Pelat Landasan (<i>Base Plate</i>)	194

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	200
5.2 Saran	200

Daftar Pustaka

Lampiran

Gambar

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kategori risiko untuk bangunan gedung dan non gedung.....	14
Tabel 2.2	Faktor keutamaan gempa I_e	14
Tabel 2.3	Kategori desain seismic berdasarkan periode pendek	15
Tabel 2.4	Kategori desain seismic berdasarkan periode 1 detik	15
Tabel 2.5	Prosedur analisis yang boleh digunakan.....	15
Tabel 2.6	Faktor koefisien modifikasi respons (R).....	18
Tabel 2.7	Klasifikasi situs.....	20
Tabel 2.8	Koefisien situs, F_a	21
Tabel 2.9	Koefisien situs, F_v	22
Tabel 2.10	Jarak tepi minimum.....	46
Tabel 2.11	Kekuatan nominal pengencang dan bagian yang berulir.....	47
Tabel 2.12	Ukuran minimum las sudut.....	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem rangka pemikul momen.....	7
Gambar 2.2	Peta respon spektra percepatan 0.2 detik (S_s).....	8
Gambar 2.3	Peta respon spektra percepatan 0.1 detik (S_s).....	9
Gambar 2.4	Spectrum respon desain.....	24
Gambar 2.6	Tebal (<i>throat</i>) efektif las sudut.....	50
Gambar 2.7	Notasi pada plat landasan (<i>Base plate</i>).....	53
Gambar 2.8	Beban yang bekerja pada <i>Base Plate</i> kategori sendi.....	54
Gambar 2.9	Beban yang bekerja pada <i>Base Plate</i> kategori jepit.....	56
Gambar 2.10	<i>Base Plate</i> dengan eksentrisitas beban.....	57

DAFTAR NOTASI

E	= modulus elastisitas baja, MPa
f_u	= tegangan putus baja minimum
f_y	= tegangan leleh baja
G	= modulus geser baja
f_c	= kuat tekan beton yang disyaratkan
Φ	= faktor reduksi kekuatan
L	= bentang gedung
q_u	= beban merata
M_u	= Momen ultimate
M_u	= Momen ulnion
M_n	= Momen nominal dari momen lentur penampang
b	= Lebar sayap penampang profil WF
t_f	= Tebal sayap penampang profil WF
h	= Tinggi penampang profil WF
t_w	= Tebal badan penampang profil WF
λ_p	= Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak
λ_r	= Parameter batas kelangsingan untuk elemen non kompak
Z_x	= Modulus penampang plastis pada sumbu x
V_u	= Kuat geser terfaktor
V_n	= Kuat geser nominal
A_g	= Luas penampang bruto profil WF
λ_c	= Koefisien tekuk geser
P_u	= Kuat perlu aksial akibat beban terfaktor

P_n	= Kuat nominal aksial penampang
L	= Panjang Batang Tekuk
K	= Faktor panjang efektif
r	= Radius girasi penampang
f_v	= Tegangan vertical
f_{cr}	= Tegangan kritis
b_{eff}	= Lebar efektif balok komposit
a	= Daerah tekan efektif plat beton
t_s	= Tebal plat beton
E_c	= Modulus elastisitas beton
A_s	= Luas penampang balok baja
Y_{na}	= Garis netral penampang komposit
Y_t	= garis netral penampang baja
D	= diameter tulangan longitudinal plat
N	= Jumlah tulangan longitudinal plat dalam beff
f_{ijin}	= Lendutan yang diijinkan
Q_n	= Kuat geser nominal stud
A_{sc}	= Luas penampang dari angkur steel headed stud
S	= Jarak antar stud
A_b	= Luas penampang 1 baut
L_w	= Panjang las
M_{max}	= momen maksimum
ρ_b	= rho balance / rasio keseimbangan
ρ_{min}	= rasio penulangan minimum

ρ_{max}	= rasio penulangan maksimum
ρ	= rasio penulangan perlu
AS_{perlu}	= luasan tulangan pokok perlu
n	= jumlah tulangan
s	= jarak tulangan
M_D	= momen akibat beban hidup “D”
Z_X	= modulus plastis
ϕ_b	= factor resistence
W	= weight / berat
I_x	= momen inersia terhadap x (cm ⁴)
I_y	= momen inersia terhadap y (cm ⁴)
$F = f$	= lendutan
$F_{ijin} = f_{ijin}$	= lendutan yang diijinkan
P	= beban aksial
r	= jari-jari profil
E_c	= modulus elastisitas beton
N	= jumlah total penghubung geser
P_u	= gaya aksial ultimate
F_u^b	= kekuatan tarik putus baut
$D = d$	= diameter baut
$\phi_t \cdot R_{nt}$	= kekuatan tarik desain
$\phi_t \cdot R_{nv}$	= kekuatan geser desain
R_{ut}	= beban tarik factor baut
T	= tebal plat panyambung

ϕ_t	= factor resistence untuk penyambung tarik
ϕ_v	= factor resistence untuk penyambung geser pada bidang ulir
ϕ	= factor resistence untuk tipe tumpu
m	= bidang geser pada penyambung
$d_t = d$	= diameter baut
t	= tebal pelat profil
T_{EW}	= beban angin
V_W	= kecepatan angin rencana
C_W	= koefisien seret
Ab	= luas koefisien
f_{cr}	= tegangan kritis
ϕ_c	= factor resistence untuk kekuatan profil
Ag	= luas penampang bruto
λ_c	= parameter kerampingan
K	= factor panjang efektif
r, r_x, r_y	= radius girasi
T_n	= kekuatan nominal batang tarik
T_u	= beban layan terfaktor pada batang tarik
A_c	= luas bersih profil
ϕ_f	= factor resistence
db	= diameter baut
tp	= tebal bagian penyamb

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mengingat pentingnya kebutuhan akan sarana dan prasarana penunjang perkuliahan, Universitas Negeri Malang melakukan pembangunan gedung perkuliahan baru yang nantinya akan dijadikan tempat perkuliahan bagi mahasiswa Universitas Negeri Malang. Sehingga proses belajar mengajar dapat dilakukan lebih maksimal.

Gedung perkuliahan Negeri Malang terdiri atas 7 lantai yang dibangun dengan struktur beton biasa. Memiliki bentuk arsitektur dan denah yang tiap lantainya relatif berbeda. Sehingga perbedaan yang diakibatkan oleh perubahan perencanaan dari struktur beton bertulang biasa menjadi struktur baja dapat terlihat jelas terutama pada segi dimensi.

Dalam hal ini saya sebagai penulis merencanakan bagaimana dalam pelaksanaan konstruksi baja dapat direncanakan dengan se'ekonomis mungkin dan tidak lupa juga memperhatikan segi keamanan, yang dimana baja merupakan material yang cukup mahal dibandingkan dengan beton, maka perlu adanya upaya agar menekan biaya dari perencanaan dalam rangka mencapai tujuan tersebut, penulis mencoba untuk merencanakan ulang menggunakan struktur portal baja pada bangunan gedung perkuliahan Universitas Negeri Malang.

Perencanaan struktur haruslah sedetail mungkin sehingga bangunan yang direncanakan mampu menyumbang kekuatannya terhadap gempa. Gedung – gedung

yang memiliki ketahanan terhadap gempa dapat direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).

Mengingat daerah kota Malang berada dalam kawasan gempa menengah atau KDS C, maka dalam penulisan ini menawarkan alternatif perencanaan dengan menggunakan metode sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dengan judul “ **Studi Perencanaan Gedung 7 lantai Dengan Menggunakan Rangka Baja Pemikul Momen Khusus Pada Gedung Kuliah Fakultas Ilmu Sosial Uneversitas Negeri Malang.**”

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu :

1. Berapa dimensi balok yang diperlukan ?
2. Berapa dimensi kolom yang diperlukan ?
3. Berapa sambungan baut dan las yang diperlukan ?
4. Berapa plat landasan yang diperlukan ?

1.3. Tujuan

Adapun maksud dari penulisan ini adalah :

1. Mendapatkan dimensi balok yang diperlukan.
2. Mendapatkan dimensi kolom yang diperlukan.
3. Mendapatkan sambungan baut dan las pada struktur rangka baja.
4. Mendapatkan plat landasan pada struktur rangka baja.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penulisan ini adalah :

1. Mengetahui perencanaan struktur rangka baja pemikul momen pada bangunan bertingkat.
2. Memberi wawasan atau pengetahuan dalam bidang struktur khususnya struktur rangka baja .
3. Memberikan referensi tentang perhitungan struktur rangka baja .

1.5. Lingkup Pembahasan

Pembahasan penulisan ini hanya melingkup pada perencanaan portalnya saja yang terdiri dari :

1. Merencanakan dimensi balok pada struktur rangka baja.
2. Merencanakan dimensi kolom pada struktur rangka baja.
3. Merencanakan sambungan pada struktur rangka baja .
4. Merencanakan plat landasan pada struktur ranka baja.

Sedangkan dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menggunakan metode LRFD dan berpedoman kepada peraturan – peraturan yang ada di Indonesia, Yaitu :

1. SNI 1726 : 2012 *“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”*
2. Tinjauan pembebanan adalah Beban mati, beban hidup, dan beban air hujan yang sesuai dengan SNI 1727:2013 *“Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain”*,
3. Pembebanan struktur berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPIUG-1987).

4. Acuan untuk analisa struktur baja adalah dengan Load Resistance and factor Desain (LRFD) dan berdasarkan SNI 1729-2015 *“Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”*
5. Perencanaan SRPMK didasarkan pada Pasal 15.7 (Persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) SNI 03-1729-2002 tentang *“Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung”*.
6. Program Bantu STAAD Pro, untuk perhitungan statika portal rangka baja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa

Perencanaan struktur bangunan bertingkat tinggi harus memperhitungkan kemampuannya dalam memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, di antaranya adalah beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa.

Berdasarkan kondisi negara Indonesia, yang terletak diantara 4 lempeng benua (merupakan daerah rawan gempa), struktur boleh jadi akan mengalami pergerakan secara vertikal maupun secara lateral. Namun struktur bangunan pada umumnya memiliki faktor keamanan yang cukup dalam menahan gaya vertikal dibandingkan dengan gaya gempa lateral. Gaya gempa lateral langsung bekerja pada daerah-daerah elemen struktur yang tidak kuat yang dapat menyebabkan keruntuhan.

Prinsip perencanaan struktur tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut:

- Ketika terjadi gempa ringan, tidak terjadi kerusakan sama sekali
- Ketika terjadi gempa sedang, diperbolehkan terjadi kerusakan arsitektural tetapi bukan merupakan kerusakan structural.
- Ketika terjadi gempa besar, diperbolehkan terjadinya kerusakan struktural dan nonstruktural, namun kerusakan yang terjadi tidak sampai menyebabkan bangunan runtuh.

Oleh sebab itu, perencanaan bangunan struktur tahan gempa harus dapat memperhitungkan dampak dari gaya lateral yang bersifat siklis (bolak-balik) yang dialami oleh struktur selama terjadinya gempa bumi. Untuk memikul gaya lateral yang dialami oleh bangunan, struktur harus dapat memiliki daktilitas yang memadai di daerah joint atau elemen struktur tahan gempa.

2.2. Struktur Portal Baja Tahan Gempa

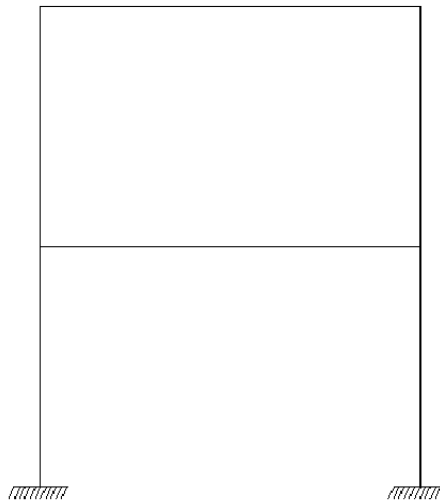
Dewasa ini telah berkembang beberapa jenis portal baja tahan gempa. Masing-masing menawarkan kemampuan tahan gempa yang dimiliki oleh struktur tersebut. Berdasarkan SNI-03-1729-2015, perencanaan tahan gempa untuk struktur bangunan baja dibedakan menjadi :

- Sistem Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frame*)
- Sistem Rangka Bresing Konsentrik (*Concentrically Braced Frames*)
- Sistem Rangka Bresing Eksentris (*Eccentrically Braced Frames*)

Namun yang akan digunakan dalam penulisan ini adalah sistem rangka pemikul momen.

2.2.1. Sistem Rangka Pemikul Momen (*Momen Resisting Frame*)

Sistem rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah system rangka dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Dengan rentang balok yang cukup lebar (tanpa pengaku), sistem rangka pemikul momen dapat memberikan deformasi yang cukup besar sehingga sistem ini memiliki daktilitas yang cukup besar dibandingkan dengan jenis portal baja tahan gempa lainnya.



Gambar. 2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

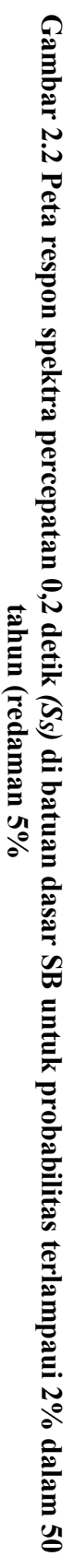
(Sumber : Shotcourse HAKI 2014)

Berdasarkan daktilitasnya, portal baja Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dibagi dalam 3 kategori yaitu :

- a) Sistem rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah (KDS A,B).
- b) Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan di daerah gempa (KDS C).
- c) Sistem rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem rangka ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan wajib digunakan di KDS D, E, F.

Berdasarkan SNI 1726-2012, zonasi peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun. Wilayah gempa

dan S_I (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3.





(redaman 5%)

Karena gedung kuliah FIS – UN Malang berada di kota Malang yang menurut SNI 1726-2012 berada pada wilayah gempa dengan parameter S_S sebesar $0,9 - 1g$ seperti pada gambar 2.1 dan parameter S_1 sebesar $0,3 - 0,4g$ seperti pada gambar 2.2 atau dapat disimpulkan bahwa kota Malang berada pada wilayah gempa yang menengah, maka penyusunan laporan ini, perencanaan struktur portal baja tahan gempa pada gedung pendidikan terpadu FIS – UN Malang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), hal ini dimaksudkan agar dapat direncanakan struktur dengan syarat-syarat pendetailan secara khusus dan lebih teliti dalam perencanaannya dibandingkan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sehingga akan didapatkan suatu struktur yang mampu berperilaku duktail secara penuh ketika menahan gaya

2.3. Beban – beban yang bekerja pada konstruksi

Beban adalah gaya yang bekerja pada suatu struktur, penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang sangat sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban yang merupakan suatu estimasi. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban yang bekerja pada suatu lokasi dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan suatu asumsi dan pendekatan. Jika beban – beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi – kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban – beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku.

Beban-beban pada struktur bangunan bertingkat, menurut arah bekerjanya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Beban Vertikal (*Gravitasi*).
 - Beban Mati (*Dead Load*).
 - Beban Hidup (*Live Load*).
2. Horizontal (*Lateral*).
 - Beban Gempa (*Earthquake*).
 - Beban Angin (*Wind Load*).
 - Tekanan Tanah dan Air Tanah

Pada perencanaan konstruksi bangunan ini, beban-beban yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, beban angin , dan beban gempa.

2.3.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. (*SNI 1727:2013, Pasal 3*)

2.3.2. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. (*SNI 1727:2013, Pasal 4*)

2.3.3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang bekerja pada bangunan atau bagiannya karena adanya selisih tekanan udara (hembusan angin kencang). Beban angin ini ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan angin), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang bangunan yang ditinjau.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727:2013, dalam menentukan tekanan angin tipe SPBAU (Sistem Penahan Beban angin utama) adalah dengan melalui beberapa langkah, yaitu :

1. Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain.
2. Menentukan kecepatan angin dasar, V (m/s), untuk kategori resiko yang sesuai.
3. Menentukan parameter beban angin :
 - Faktor arah angin, K_d
 - Kategori eksposur
 - Faktor topografi, K_{zt}
 - Faktor efek tiupan angin, G
 - Klasifikasi tertutupan
 - Koefisien tekanan internal, G_{cpi}
4. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h
5. Menentukan tekanan velositas q , atau q_h (N/m^2)
6. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_p atau C_N
7. Hitung tekanan angin, p (N/m^2), pada setiap permukaan bangunan gedung.

2.3.4 Beban gempa (E)

Beban gempa adalah semua beban yang ditimbulkan dari gerakan lapisan bumi ke arah horisontal dan vertikal, dimana gerakan vertikalnya lebih kecil dari gerakan horisontalnya.

1. Arah Pembebanan Gempa

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarangan terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utamayang ditentukan harus harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi dengan efektivitas 30%.

2. Prosedur Analisis

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.6, prosedur analisis yang digunakan seperti pada tabel 2.5. prosedur analisis yang digunakan terkait dengan berbagai parameter struktur bangunan tersebut, yaitu:

- Parameter keutamaan bangunan berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012 dan dapat dilihat pada Tabel 2.1.
- Parameter faktor keutamaan gempa berdasarkan pasal 4.1.2 SNI 1726-2012 dan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan respon spektra pada periode 1 detik (S_I) dan parameter percepatan respon spektra pada periode pendek (S_S) berdasarkan SNI pasal 6.3 SNI 1726-2012 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

**Tabel 2.1 Kategori risiko untuk bangunan gedung dan non gedung
untuk beban gempa**

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan.	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV,termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran 	II
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan.	III
Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukan sebagai fasilitas penting.	IV

Tabel 2.2 Faktor Keutamaan gempa I_e

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.4Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons
percepatanpada perioda 1 detik.

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Tabel 2.5 Prosedur analisis yang boleh digunakan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekivalen pasal 7.8	Analisis spektru m Respon ragam pasal 7.9	Prosedu r riwayat respon seismik pasal 11
B,C	Bangunan dengan kategori risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I

	Bangunan lainnya dengan kategori risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Semua struktur lainnya.	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan kategori risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakaturan horisontal tipe 2,3,4, atau 5 dari tabel 10 atau ketidakaturan vertikal tipe 4, 5a, atau 5b dari tabel 11.	I	I	I

	Semua struktur lainnya.	TI	I	I
--	-------------------------	----	---	---

Catatan, I: diijinkan, TI: tidak diijinkan

3. Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem penahan gaya seismik lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang telah ditetapkan pada SNI 1726-2012 pasal 7.2. Setiap tipe dibagi-bagi berdasarkan tipe elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Setiap sistem penahan gaya seismik yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang telah ditetapkan. Berdasarkan SNI 1726- 2012 pasal 7.2, sistem struktur gaya seismik ditentukan oleh parameter berikut:

- Faktor koefisien modifikasi respon (R)
- Faktor kuat lebih sistem (C_d)
- Faktor pembesaran defleksi (Ω_0)
- Faktor batasan tinggi sistem struktur

Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Faktor koefisien modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem Ω_0 , faktor pembesaran defleksi (C_d), dan batasan tinggi sistem struktur untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Katgori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e

1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{hi}	TI ^h	TI ⁱ
3. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ

Sumber: SNI 03-1726-2012 hal. 36

Keterangan:

TB = Tidak dibatasi

TI = Tidak diijinkan

4. Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1, perhitungan koefisien respon seismik (C_s) harus ditentukan sesuai dengan rumus:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Dimana:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam periode pendek.

R = faktor modifikasi respon berdasarkan Tabel 2.3

I = faktor keutamaan gempa berdasarkan Tabel 2.2

Nilai C_s yang dapat dihitung pada persamaan di atas tidak perlu melebihi nilai berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari nilai berikut ini.

$$C_s = 0,044 S_{DS} I \geq 0,01$$

Sebagai tambahan untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_I sama dengan atau lebih besar dari 0,6g maka C_S harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I}\right)}$$

Dimana:

S_{DI} = parameter percepatan spektrum respons desain dalam periode 1 detik.

S_I = parameter percepatan spektrum respons desain yang dipetakan.

T = periode struktur dasar (detik)

5. Respon Spektra

Merupakan konsep pendekatan yang digunakan untuk keperluan perancangan bangunan. Defenisi respons spektra adalah respon maksimum dari suatu sistem struktur *Single Degree of Freedom (SDOF)* baik percepatan (a), kecepatan (v), dan perpindahan (a) dengan struktur tersebut dibebani oleh gaya luar tertentu. Kurva respons spektra akan memperlihatkan simpangan relatif maksimum (S_d), kecepatan relatif maksimum (S_v), dan perpindahan total maksimum (S_a). Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.3, respons spektra desain harus ditentukan dan dibuat terlebih dahulu berdasarkan data-data yang ada. Data-data yang dibutuhkan antara lain:

- Parameter percepatan batuan dasar

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_I (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektra percepatan 2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik seperti pada Gambar 2.1 dan 2.2 dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi.

- Parameter kelas situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE dan SF berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 5.3 dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralisir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

- Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektra percepatan

gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCE_R).

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.2, faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{MI}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs harus ditentukan dengan rumus berikut.

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{MS} = F_v S_I$$

Dimana:

S_s = parameter respon spektra percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek.

S_I = parameter respon spektra percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1 detik.

Koefisien situs F_a dan F_v ditentukan berdasarkan Tabel 2.8 dan Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Koefisien situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

Tabel 2.9 Koefisien situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0.2$	$S_s = 0.3$	$S_s = 0.4$	$S_s \geq 0.5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3.5	3.2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

Catatan:

- Nilai-nilai F_a maupun F_v yang tidak terdapat pada tabel dapat dilakukan proses interpolasi linier.

SS merupakan situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis situs spesifik.

Parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektra desain untuk periode pendek (SDS) dan periode 1 detik (SDI) harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}}$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{DI}}{S_{DS}}$$

Dimana:

S_{DS} = parameter respons spektra percepatan desain pada periode pendek

S_{DI} = parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik

- Prosedur pembuatan respons spektra desain

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a , sama dengan S_{DS}

Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Dimana:

S_{DS} = parameter respons spektra percepatan desain pada periode pendek

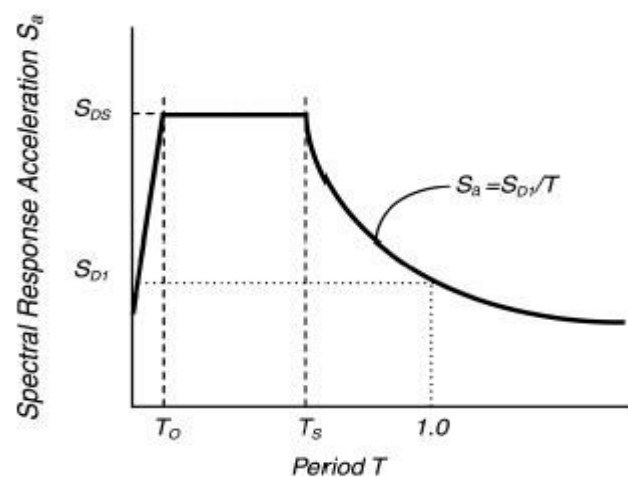
S_{D1} = parameter respons spektra percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

Untuk nilai T_0 dan T_s dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 2.4 Spektrum respon desain

6. Gaya Dasar Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2012, geser dasar seismik (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$V = C_s W_t$$

Dimana:

C_s = koefisien respons seismik

W_t = berat total gedung

2.3.5. Kombinasi Pembebanan

Struktur, Komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi.

Menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban yang harus diperhitungkan adalah :

- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2 D \pm 1,0 E + L$
- $0,9 D + 1,0 W$
- $0,9 D + 1,0 E$

Dimana :

D = Beban Mati (beban gaya berat dari elemen-elemen struktural)

L = Beban Hidup (beban yang dapat bergerak)

L_r = Beban Hidup Atap

W = Beban angin

R = Beban hujan

E = Beban gempa

2.4 Pengaruh Beban Gempa

Pengaruh beban gempa, E , harus ditentukan sesuai dengan berikut : (SNI 03-1726-2012)

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 dalam pasal 4.2.2 atau kombinasi beban 5 dan 6 dalam pasal 4.2.3, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$E = E_h + E_v \quad (2.4.1)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 dalam pasal 4.2.2 atau kombinasi beban 8 dalam pasal 4.2.3, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$E = E_h - E_v \quad (2.4.2)$$

2.4.1 Pengaruh Beban Gempa Horizontal

Pengaruh beban gempa horizontal, E_h , harus ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$E_h = \rho Q_E \quad (2.4.1-1)$$

Keterangan :

Q_E adalah pengaruh gempa horizontal dari V atau F_p . Jika disyaratkan dalam pasal 7.5.3 dan 7.5.4, pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain.

ρ adalah faktor redundansi, seperti didefinisikan dalam pasal 7.3.4.

2.4.2 Pengaruh Beban Gempa Vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal, E_v , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$E_v = 0,2S_{DS}D \quad (2.4.2-1)$$

Keterangan :

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek yang diperoleh dari pasal 6.10.4

D = Pengaruh beban mati

2.4.3 Kombinasi Beban Gempa

Jika pengaruh gaya gempa yang ditetapkan, E , yang didefinisikan dalam pasal 7.4.2, dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya seperti ditetapkan dalam pasal 4, kombinasi beban gempa berikut untuk struktur yang tidak dikenai beban banjir harus digunakan sebagai pengganti dari kombinasi beban gempa baik dalam pasal 4.2.2 atau 4.2.3 :

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan (lihat pasal 4.2.2 dan 3.67 untuk notasi)

5. $(1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$

7. $(0,9 - 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + 1,6 H$

Catatan :

1. Faktor beban pada L dalam kombinasi 5 diijinkan sama dengan 0,5 untuk semua hunian dimana besarnya beban hidup merata kurang dari atau sama dengan 5 kN/m^2 , dengan pengecualian garasi atau ruang pertemuan.
2. Faktor beban pada H harus ditetapkan sama dengan nol dalam kombinasi 7 jika aksi struktur akibat H berlawanan dengan aksi struktur akibat E . Jika tekanan

tanah lateral memberikan tahanan terhadap aksi struktur dari gaya lainnya, faktor beban tidak boleh dimasukkan dalam H tetapi harus dimasukkan dalam tahanan desain.

2.5. Perencanaan Elemen Struktur

2.5.1. Desain Kekuatan Elemen

Berdasarkan SNI 1729:2015,

- 1) Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk desain faktor beban dan ketahanan (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban DFBK. Semua ketentuan Spesifikasi ini, kecuali untuk Pasal B3.4 (*SNI 1729-2015*) ini, harus digunakan.

$$R_u \leq \Phi \cdot R_n \dots\dots\dots (2.5.1-1)$$

Dimana :

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

R_n = Kekuatan nominal, disyaratkan dalam Bab B sampai K (SNI 1729-2015)

Φ = Faktor ketahanan, disyaratkan dalam Bab B sampai K (SNI 1729-2015)

ΦR_n = Kekuatan desain

2.5.2. Komponen Struktur Untuk Lentur (berdasarkan SNI 1729 : 2015)

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor, M_u harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan :

$$M_u \leq \phi M_n \dots\dots\dots (2.5.2-1)$$

Untuk $\phi_t = 0,90$ (DFBK)

Dimana :

M_u = momen lentur terfaktor (kg.m)

ϕ = faktor reduksi

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang (kg.m) yang ditentukan pada pasal F2 dan F3

Tegangan maksimum pada setiap titik untuk komponen lentur dapat dituliskan sebagai berikut:

$$f_{\max} = \frac{M_u}{S_x} \dots\dots\dots (2.5.2-2)$$

Dimana :

f_{\max} = tegangan maksimum (kg/m²)

S_x = modulus elastisitas penampang (m^3)

Untuk struktur baja, f_{max} tidak boleh melebihi f_y , sehingga momen yang terjadi juga tidak boleh lebih dari momen yang menyebabkan penampang mulai mengalami tegangan leleh (M_y), persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$M_y = f_y S_x \dots\dots\dots (2.5.2-3)$$

1) Batasan momen

Momen leleh M_y adalah momen lentur yang menyebabkan penampang mulai mengalami tegangan leleh yaitu diambil sama dengan $f_y S$ dan S adalah modulus penampang elastis;

Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh harus diambil lebih kecil dari $f_y Z$ atau $1,5M_y$, dan Z adalah modulus penampang plastis;

Momen batas tekuk M_r diambil sama dengan $S(f_y - f_r)$ dan f_r adalah tegangan sisa.

2) Kelangsingan penampang

Pengertian penampang kompak, tak kompak dan langsing suatu komponen struktur yang mengalami lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya.

- Penampang kompak

Untuk penampang-penampang yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah,

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \dots\dots\dots (2.5.2-4)$$

- Penampang tak-kompak

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut:

$$M_n = M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \dots\dots\dots (2.5.2-5)$$

- Penampang langsing

Untuk pelat sayap yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda$ kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = \frac{0,9 E K_o S_x}{\lambda^2} \dots\dots\dots (2.5.2-6)$$

3) Kuat lentur penampang dengan pengaruh tekuk lateral

Faktor pengali momen C_b ditentukan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \dots\dots\dots (2.5.2-7)$$

Dengan M_{\max} adalah momen maksimum pada bentang yang ditinjau seta M_A , M_B dan M_C adalah masing-masing momen pada $\frac{1}{4}$ bentang, tengah bentang, dan $\frac{3}{4}$ bentang komponen struktur yang ditinjau.

Momen kritis untuk tekuk untuk Profil-I dan kanal ganda yakni :

$$C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w} \dots\dots\dots (2.5.2-8)$$

- Bentang pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah:

$$M_n = M_p \dots\dots\dots (2.5.2-9)$$

- Bentang menengah

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L \leq L_r$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah:

$$M_n = C_b \left[(M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)) \right] \leq M_p \quad \dots\dots\dots (2.5.2-10)$$

- Bentang panjang

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r \leq L$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur adalah:

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad \dots\dots\dots (2.5.2-10)$$

Bentang untuk pengekanan lateral, yakni :

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad \text{dimana} \quad \dots\dots\dots (2.5.2-11)$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E} \right)^2}} \quad \dots\dots\dots (2.5.2-12)$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2S_x} \quad \dots\dots\dots (2.5.2-12)$$

Koefisien c ditentukan untuk profil I simetris ganda, yakni $c = 1$

Dimana :

E : Modulus elastisitas baja = 29000 ksi (200000Mpa)

J : Konstanta torsi, in^4 (mm^4)

S_x : Modulus penampang elastis disumbu x, in^3 (mm^3)

h_o : jarak antara titik berat sayap, in (mm)

2.5.3. Komponen Struktur Untuk Tekan (berdasarkan SNI 1729 : 2015)

Batang tekan jarang sekali mengalami tekanan aksial saja. Namun bila pembebanan ditata sedemikian rupa hingga rotasi ujung dapat diabaikan atau beban

dari batang-batang yang bertemu pada titik simpul bersifat simetris, maka batang tekan dapat direncanakan dengan aman sebagai batang yang dibebani secara konsentris.

Menurut (SNI 1729-2015 Pasal E1) Kekuatan tekan desain, $\phi_c P_n$, dan Kekuatan Tekan tersedia, P_n/Ω_c , di tentukan sebagai berikut : Ketentuan tekan nominal, P_n harus nilai terendah yang di peroleh berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi-lentur.

$$R_u \leq \Phi . R_n \dots\dots\dots (2.5.5-1)$$

$$\Phi_t = 0,90 \text{ (DFBK)}$$

Untuk kondisi tekan, penampang di klasifikasikan sebagai elemen nonlangsing atau penampang elemen langsing. Untuk profil elemen nonlangsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r . Jika rasio tersebut melebihi λ_r disebut penampang dengan elemen-langsing.

Untuk kondisi lentur, penampang di klasifikasikan sebagai penampang Kompak, non kompak atau penampang elemen-langsing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya, λ_p . Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi λ_p . Tetapi tidak boleh melebihi λ_r , maka penampang tersebut di sebut non kompak. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari setiap elemen tekan melebihi λ_r , disebut penampang dengan elemen langsing.

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen Tekan Komponen Struktur yang menahan Tekan Aksial untuk PSB Bulat:

- Rasio Ketebalan-Terhadap-Lebar D/t

- Batasan Rasio Tebal-terhadap-lebar = $0.11 \times \frac{E}{F_y}$

Rasio tebal-terhadap-lebar : Elemen tekan Komponen Struktur Menahan

Lentur untuk PSB Bulat :

- Rasio Ketebalan-terhadap-lebar D/t
- $\lambda_p = 0.07 \times \frac{E}{F_y}$ (2.5.5-2)
- $\lambda_r = 0.31 \times \frac{E}{F_y}$ (2.5.5-3)

Dimana :

E = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 Mpa)

F_y = Tegangan leleh minimum yang di syaratkan, ksi (Mpa)

Panjang Efektif

Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif dapat memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$(K.L)/r < 200 \text{(2.5.5-4)}$$

Kekuatan tekan nominal, P_n , harus nilai terendah berdasarkan pada keadaan batas dari tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk-lentur yang sesuai.

$$P_n = A_g \times F_{cr} \text{(2.5.5-5)}$$

Tegangan Kritis, F_{cr} , harus di tentukan sebagai berikut :

$$\text{a. Bila } \frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(\text{atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2.25 \right)$$

$$F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] \cdot F_y \text{(2.5.5-6)}$$

$$\text{b. Bila } \frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \left(\text{atau } \frac{F_y}{F_e} > 2.25 \right)$$

$$F_{cr} = 0.877 F_e \dots\dots\dots (2.5.5-7)$$

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\left(\frac{K.L}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (2.5.5-8)$$

Dimana :

F_e = Tegangan tekuk kritis elastis (Mpa)

A_g = Luas penampang bruto

K = Faktor panjang efektif

L = Panjang batang tekuk

r = Radius girasi atau jari – jari girasi

2.5.4. Komponen Struktur yang Mengalami Gaya Kombinasi

Komponen struktur yang mengalami gaya kombinasi adalah penampang simetris yang mengalami momen lentur dan aksial. Komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2$$

$$\frac{N_u}{\phi N_u} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots (2.5.6-1)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2$$

$$\frac{N_u}{2\phi N_u} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots (2.5.6-2)$$

Dengan:

N_u = Gaya tekan aksial terfaktor

N_n = Tahan nominal tekan nominal dengan menganggap batang suatu sebagai suatu elemen tekan murni

ϕ = faktor reduksi tahanan tekan = 0.85

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x, dengan memperhitungkan efek orde kedua.

M_{nx} = Tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x

ϕ_b = faktor reduksi tahanan lentur = 0.90

M_{uy} sama dengan M_{ux} , namun dihitung dengan acuan sumbu y

M_{ny} sama dengan M_{nx} , namun dihitung dengan acuan sumbu y.

2.6. Persyaratan untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang besar apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. SRPMK harus memenuhi persyaratan (SNI 1729-2002 pasal 15.7.1).

2.6.1. Sambungan balok ke kolom

2.6.1.1. Perencanaan semua sambungan balok ke kolom yang digunakan pada Sistem Pemikul Beban harus didasarkan pada hasil pengujian kualifikasi yang menunjukkan rotasi inelastis

Harus memenuhi :

1. Sambungan mampu menahan goyangan dengan sudut simpangan antarlantai mencapai minimal 0,04 radian.

2. Tahanan lentur pada sambungan yang diukur pada muka kolom, minimal sebesar 0,8 Mp balok pada saat sudut simpangan antarlantai mencapai 0,04 radian.
3. Kuat perlu sambungan harus ditentukan menggunakan efek pembebanan gempa, E, sebesar :

$$E = \frac{[1,1R_y M_p]}{L_h}$$

Dimana :

R_y = rasio antara tegangan leleh sebenarnya terhadap tegangan leleh minimum spesifikasi.

M_p = momen plastis nominal balok.

L_h = jarak antar lokasi dua sendi plastis balok.

Kemampuan sambungan sebagai alat sambung elemen pemikul beban gempa harus dibuktikan melalui salah satu metode berikut :

- I. Uji kualifikasi terhadap benda uji yang merepresentasikan sambungan yang didesain :

- Melakukan uji siklik sesuai dengan kebutuhan appendix S
- Menggunakan hasil uji dari laporan yang telah dilakukan.

- II. Menggunakan ketentuan dalam :

ANSI/AISC 358 –“ Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications”.

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1,0 \quad \text{AISC 341-10 E.3.4a}$$

$\sum M * pc$ = Jumlah momen kolom di bawah dan diatas sambungan pada pertemuan antara as kolom dalam as balok.

$\sum M * pc$ ditentukan dengan menjumlahkan proyeksi kuat lentur nominal kolom, diatas dan dibawah sambungan pada as balok, dengan reduksi akibat gaya aksial tekan kolom dapat diambil sebesar : $\sum M * pc = \sum Zc (F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g})$.

$\sum M * pb$ = Jumlah momen balok pada pertemuan as balok dan as kolom.

$\sum M * pb$ = Ditentukan dengan menjumlahkan proyeksi kuat lentur nominal balok di daerah sendi plastis pada as kolom. *Sumber : Ir. Muslinang Moestopo, Ph.D, I-PU, Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa, Shortcourse HAKI 2014*

2.6.1.2. Pengujian sambungan balok ke kolom harus memperlihatkan kuat lentur, yang diukur di muka kolom, sekurang-kurangnya sama dengan momen plastis nominal balok M_p pada saat terjadinya rotasi enelastis yang disyaratkan, kecuali bila :

- a) Kuat lentur balok lebih ditentukan oleh tekuk lokal daripada oleh tegangan leleh bahan, atau bila sambungan menghubungkan balok dengan penampang melintang yang direduksi maka kuat lentur minimumnya sama dengan $0,8 M_p$ dari balok pada pengujian;
- b) Sambungan-sambungan yang memungkinkan terjadinya rotasi dari komponen struktur yang tersambungan yang diijinkan, selama dapat ditunjukkan menggunakan analisi yang rasional bahwa tambahan simpangan antar lantai yang disebabkan oleh deformasi sambungan dapat diakomodasikan oleh

struktur bangunan. Analisis rasional yang dilakukan harus memperhitungkan stabilitas sistem rangka secara keseluruhan dengan memperhatikan pengarus orde kedua.

2.6.2. Daerah panel pada sambungan balok ke kolom

(Badan balok sebidang dengan badan kolom)

2.6.2.1. Kuat Geser terfaktor, V_u , sambungan balok ke kolom harus ditentukan berdasarkan pada momen lentur balok sesuai dengan kombinasi pembebanan (15.3-1) dan (15.3-2). Namun V_u tidak perlu melebihi gaya geser yang ditetapkan berdasarkan $0,8 \sum R_y M_P$ dari balok-balok yang merangka pada sayap kolom disambungkan kuat geser rencana $\phi_v V_P$ panel ditentukan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Bila } N_u \leq 0,75 N_y, \phi_v V_n = 0,6 \phi_v f_y d_c t_p \left[1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \quad (2.6.2-1)$$

$$\text{Bila } N_u > 0,75 N_y, \phi_v V_n = 0,6 \phi_v f_y d_c t_p \left[1 + \frac{3b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_p} \right] \left[1,9 - \frac{1,2 N_u}{N_y} \right] \quad (2.6.2-2)$$

Dengan $\phi_v = 0,75$.

Keterangan :

t_p adalah tebal total daerah panel, termaksud pelat pengganda, mm

d_c adalah tinggi keseluruhan penampang kolom, mm

b_d adalah lebar sayap kolom, mm

t_d adalah ketebalan dari sayap kolom, mm

d_b adalah tinggi bruto penampang balok, mm

f_y adalah tegangan leleh bahan pada daerah panel, Mpa

2.6.2.2. Tebal daerah panel: Kebetulan masing-masing pelat badan

penampang kolom atau pelat pengganda pada daerah panel, ditetapkan menurut persamaan berikut:

$$t \geq (d_z + w_z)/90 \quad (2.6.2-3)$$

keterangan :

t adalah tebal pelat badan penampang kolom atau pelat badan penampang pada daerah panel, mm

d_z adalah tinggi daerah panel diantara pelat terusan, mm

w_z adalah lebar daerah panel di antara kedua sayap kolom, mm

sebagai alternatif, apabila tekuk lokal pada pelat badan penampang kolom dan pelat pengganda dicegah menggunakan las sumbat maka tebal total daerah panel harus memenuhi persamaan (2.6.2-3).

2.6.2.3. Pelat-pelat pengganda pada daerah panel : Pelat-pelat pengganda

harus dilas kepada pelat-pelat sayap kolom menggunakan las tumpul penuh atau las sudut untuk mengembangkan kuat geser rencana dari seluruh tebal pelat pengganda. Bila pelat pengganda dipasang menempel pada pelat badan penampang kolom maka sisi-sisi atas dan bawah pelat pengganda harus dilas terhadap pelat badan penampang kolom sehingga dapat memikul bagian dari gaya-gaya yang dipindahkan kepada pelat pengganda. Bila pelat pengganda dipasang tidak menempel pada pelat badan penampang kolom maka pelat pengganda harus dipasang berpasangan secara simetris dan

dilas kepada pelat terusan sehingga dapat memikul bagian gaya yang dipindahkan kepada pelat pengganda.

2.6.3. Batasan-batasan terhadap balok dan kolom

2.6.3.1. Luas sayap Balok : Tidak diperkenankan terjadi perubahan luas sayap balok yang mendadak pada daerah sendi plastis. Pembuatan lubang dan pengguntingan lebar pelat sayap dapat diijinkan selama pengujian memperlihatkan bahwa konfigurasi ini tetap dapat mengembangkan sendi-sendi plastis yang disyaratkan pada butir 15.7.2.2.

2.6.3.2. Rasio lebar terhadap Tebal: Balok-balok harus memenuhi persyaratan λ_p pada tabel 15.7-1. Apabila perbandingan pada persamaan (15.7-4) lebih kecil atau sama dengan 1,25, kolom-kolom harus memenuhi persyaratan λ_p pada tabel 15.7-1. Bila hal-hal tersebut tidak memenuhi maka kolom-kolom harus memenuhi persyaratan λ_p pada tabel 7.5-1.

2.6.4. Pelat terusan

Pelat terusan perlu diadakan sesuai dengan model uji sambungan.

2.6.5. Perbandingan momen kolom terhadap momen balok

Hubungan berikut ini harus dipenuhi pada sambungan balok ke kolom :

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1 \quad (2.6-4)$$

Keterangan :

$\sum M_{pc}^*$ adalah jumlah momen-momen kolom dibawah dan diatas sambungan pada pertemuan antara as kolom dan as balok. $\sum M_{pc}^*$ ditentukan dengan menjumlahkan proyeksi kuat lentur nominal kolom, termaksud voute bila ada, diatas dan dibawah sambungan pada as balok dengan reduksi akibat gaya aksial tekan kolom. Diperkenankan untuk mengambil $\sum M_{pc}^* = \sum Z_c (f_{yc} - N_{uc} / A_g)$. Bila as balok-balok yang bertemu di sambungan tidak membentuk satu titik maka titik tengahnya dapat digunakan dalam perhitungan.

$\sum M_{pb}^*$ adalah jumlah momen-momen balok-balok pada pertemuan as balok da as kolom. $\sum M_{pb}^*$ ditentukan dengan menjumlahkan proyeksi kuat lentur nominal balok didaerah sendi plastis pada as kolom. Diperkenankan untuk mengambil $\sum M_{pb}^* = \sum (1,1R_y M_p + M_y)$, dengan M_y adalah momen tambahan akibat amplifikasi gaya gese dari lokasi sendi plastis ke as kolom. Sebagai alternatif, diperkenankan untuk menentukan $\sum M_{pb}^*$ dari hasil pengujian sesuai dengan persyaratan pada butir 15.7.2.1 atau dengan analisis rasional berdasarkan pengujian. Bia sambungan dibuat menggunakan penampang balok yang direduksi maka diperkenankan untuk mengambil $\sum M_{pb}^* = \sum (1,1R_y f_y Z + M_y)$, dengan Z adalah modulus plastis minimum pada penampang balok yang reduksi

A_g adalah luas penampang bruto kolom, mm²

f_{yc} adalah tegangan leleh penampang kolom, MPa

N_{uc} adalah gaya aksial tekan terfaktor pada kolom, N

Z_c adalah modulus plastis penampang kolom, mm³

Bila kolom-kolom memenuhi persyaratan pada butir 15.7.4 maka persyaratan diatas tidak harus dipenuhi untuk kasus-kasus dibawah ini:

2.6.5.1. Kolom-kolom dengan $N_{uc} < 0,3 f_{yc} A_g$ untuk semua kombinasi pembebanan kecuali yang ditentukan oleh persamaan (15.3-1) dan persamaan (15.3-2) dan memenuhi salah satu dari dua syarat berikut ini :

- 1) Kolom-kolom pada bangunan satu tingkat atau ditingkat yang tertinggi dari dalam bangunan bertingkat tinggi ;
- 2) Kolom-kolom dengan : (a) jumlah kuat geser rencana dari kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem pemikul gaya gempa di suatu tingkat kurang daripada 20% dari gaya geser tingkat terfaktor; dan (b) jumlah kuat geser rencana dari kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem pemikul gaya gempa dalam suatu bidang kolom di suatu tingkat kurang daripada 33% dari gaya geser tingkat terfaktor pada bidang kolom tersebut. Bidang kolom adalah suatu bidang yang mengandung kolom-kolom atau bidang-bidang paralel yang mengandung kolom-kolom dengan jarak antar bidang-bidang tersebut tidak lebih daripada 10% dari dimensi tapak bangunan tegak lurus bidang tersebut.

2.6.5.2. Kolom-kolom pada suatu tingkat dengan perbandingan kuat geser rencana terhadap gaya geser tingkat terfaktor adalah 50% lebih besar daripada perbandingan tersebut untuk tingkat di atasnya.

2.6.6. Kekangan pada sambungan balok ke kolom

2.6.6.1.Kekangan sambungan :

1) Sayap-sayap kolom pada sambungan balok ke kolom perlu dikekang secara lateral hanya pada daerah sayap atas balok bila suatu kolom dapat ditunjukkan tetap berada dalam keadaan elastis di luar daerah panel menggunakan salah satu dari dua kriteria dibawah ini :

- (a) Persamaan (15.7-4) memberikan hasil lebih besar dari 1,25;
- (b) Suatu kolom tetap bersifat elastis akibat kombinasi pembebanan (15.3-1) dan (15.3-2).

2) Bila suatu kolom tidak dapat ditunjukkan masih bersifat elastis di luar daerah panel maka persyaratan berikut ini harus dipenuhi:

- a) Sayap-sayap kolom dikekang secara lateral pada kedua sisi atas dan sisi bawah sayap balok.
- b) Setiap pengekang lateral pelat sayap kolom direncanakan terhadap gaya terfaktor sebesar 2,0% dari kuat nominal satu sayap balok ($f_y b_f t_{bf}$).
- c) Sayap-sayap kolom dikekang secara lateral dengan cara langsung yaitu melalui pelat badan kolom atau melalui pelat-pelat sayap balok.

2.6.6.2.Sambungan tanpa Pengekang Lateral : Suatu kolom dengan sambungan balok ke kolom tanpa pengekang lateral keluar bidang sistem rangka pemikul gaya gempa perlu direncanakan dengan menganggap tinggi kolom sebesar jarak dari kekangan lateral yang berdekatan dalam analisis tekuk keluar bidang sistem rangka

pemikul gempa dan perlu memenuhi ketentuan mengenai komponen struktur dengan beban kombinasi dan torsi, kecuali bila :

- 1) Beban terfaktor pada kolom ditentukan dengan kombinasi beban $1,2D+0,5L\pm E$, dengan E adalah yang terkecil dari kedua nilai berikut ini :
 - a) Beban gempa teramplifikasi sebesar $\Omega_0 E_h$;
 - b) 125% dari kuat rencana rangka yang direncanakan berdasarkan kuat lentur rencana daerah panel.
- 2) Nilai L/r kolom tersebut tidak melampaui 60;
- 3) Kuat lentur perlu kolom keluar bidang sistem rangka pemikul gaya gempa harus mencakup momen yang diakibatkan oleh gaya pada sayap balok yang ditetapkan pada butir 15.7.7.1(2.b) ditambah dengan pengaruh momen orde kedua akibat simpangan sayap kolom.

2.6.7. Pengekang Lateral Pada Balok

Kedua pelat sayap balok harus dikekang secara lateral dengan cara langsung atau tak langsung. Panjang daerah yang tak terkekang secara lateral tidak boleh melampaui $17.500r_y / f_y$. Sebagai tambahan, pengekang lateral harus dipasang dekat titik tangkap beban terpusat, perubahan penampang, dan lokasi-lokasi lainnya mana analisis menunjukkan kemungkinan terbentuknya sendi plastis pada saat terjadinya deformasi inelastis pada SRPMK.

2.7. Perencanaan Sambungan

Sambungan dalam suatu struktur merupakan bagian yang tidak mungkin diabaikan begitu saja, karena kegagalan pada sambungan dapat mengakibatkan kegagalan struktur secara keseluruhan.

Syarat – syarat sambungan :

- Harus kuat, aman tetapi cukup ekonomis.
- Mudah dalam pelaksanaan pemasangan dilapangan.
- Persyaratan keamanan yang diberikan DFBK untuk peyambung persamaannya menjadi :

$$Ru \leq \phi Rn \quad (2.7-1)$$

Dimana :

ϕ = Faktor reduksi (untuk konektor harga itu dengan tipe kejadian, seperti 0,75 untuk retakan tarik. 0,65 untuk geser pada baut berkekuatan tinggi dan 0,75 untuk tumpuan baut pada sisi lubang).

Rn = Kuat nominal baut

Ru = Beban terfaktor

2.7.1 Sambungan Balok Kolom

2.7.1.1. Perencanaan sambungan Baut

- a. Jarak baut ke tepi (S1)

Tabel 2.10 Jarak Tepi Minimum

Diameter baut (in.)	Jarak tepi minimum
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{3}{4}$	1

7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
Di atas 1 1/4	1 1/4 x d

b. Jarak antar baut (S2)

Jarak antara pusat – pusat standar, ukuran berlebih, atau lubang – lubang slot tidak boleh kurang dari 2 2/3 kali diameter nominal, d, dari pengencang, jarak 3d yang lebih umum.

Sumber :SNI 1729:2015, hal 128

Kuat nominal terhadap tarik dan geser :

$$\emptyset . R_n = f_n . A_b \quad (2.7.1-1)$$

Dimana :

R_n : Kuat tarik nominal

\emptyset : Faktor reduksi tarik (0,75)

f_n : Tegangan tarik nominal, f_{nt} , atau tegangan geser, f_{nv} (MPa)

A_b : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm²)

Tabel 2.11 Kekuatan nominal pengencang dan bagian yang berulir

Deskripsi pengencang	Kekuatan tarik nominal, f_{nt} (MPa)	Kekuatan geser nominal dalam sambungan tipe tumpu, f_{nv} (MPa)
----------------------	--	---

Baut A307	310	188
Baut group A(misal,A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	620	372
Baut group A(misal,A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	620	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	780	457
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	780	579
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 f_u$	$0,45 f_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 f_u$	$0,563 f_u$

Kuat nominal tumpu pada lubang – lubang baut :

$$\phi . R_n = 1,2 . l_c . t_p . f_u \leq 2,4 . d . t_p . f_u \quad (2.7.1-2)$$

Dimana :

R_n : Kuat tumpu nominal

ϕ : Faktor reduksi tumpu (0,75)

f_u : Kuat tarik putus terendah dari baut atau plat (MPa)

t_p : Tebal plat (mm)

d : Diameter baut nominal (mm)

lc : Jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari baut atau plat (mm)

Menentukan Jumlah Baut :

$$n = \frac{Ru}{\phi \cdot R_n} \quad (2.7.1-3)$$

Dimana :

n : Jumlah baut

R_n : Tahanan nominal baut

Ru : Beban terfaktor

Kombinasi terhadap tarik dan geser :

$$\phi \cdot R_n = f'_{nt} \cdot A_b \quad (2.7.1-4)$$

Sumber :SNI 1729:2015

Catatan : Bila tegangan yang diperlukan (f_{rv}) kurang dari atau sama dengan 30 % dari

tegangan yang tersedia, maka efek kombinasi tegangan tidak perlu diperiksa.

$$f'_{nt} = 1,3 \cdot f_{nt} - \frac{f_{nt}}{\phi \cdot f_{nv}} \quad f_{rv} \leq f_{nt} \quad (2.7.1-5)$$

Dimana :

A_b : Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir (mm²)

f'_{nt} : Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser (MPa)

ϕ : Faktor reduksi(0,75)

f_{nt} : Tegangan tarik nominal (MPa)

f_{nv} : Tegangan geser (MPa)

f_{rv} : Tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK (MPa)

Kontrol terhadap momen :

$$\phi . M_n = \frac{0,9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i \quad (2.7.1-6)$$

$$a = \frac{0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \quad (2.7.1-7)$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0,75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot A_b \cdot \Sigma d \quad (2.7.1-8)$$

Dimana :

n_1 : Jumlah kolom baut

n_2 : Jumlah baris baut

A_b : Luas penampang baut

Σd : Penjumlahan d

b : Lebar balok

a : Tinggi penampang tekan

f_u^b : Kuat tarik nominal baut

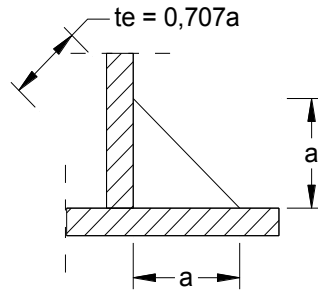
f_y : Tegangan leleh

2.7.2 Sambungan Balok Ujung - Balok Ujung

Sambungan Momen Plat Ujung (*End-plate moment connection*)

Pada prinsipnya menggunakan sambungan momen plat ujung (*End-plate moment connection*) yang telah dibahas sebelumnya pada sub bab sambungan kolom – balok.

2.7.3 Sambungan Las pada Plat Ujung



Gambar 2.6 Tebal (throat) efektif las sudut

Tebal Las Sudut

Tabel 2.12 Ukuran minimum las sudut

Tebal plat (t) mm	Ukuran min. Las sudut, a (mm)
$t \leq 6$	3
$6 \leq t \leq 13$	5
$13 \leq t \leq 19$	6
$t > 19$	8

Sumber :SNI 1729:2015

Ukuran maksimum dari las sudut dari bagian – bagian yang tersambung harus :

Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.

Sepanjang tepi material dengan ketebalan 6 mm atau lebih, tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat penuh.

Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

Kontrol sambungan las

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2.7.2-1)$$

Dimana :

R_u : Beban terfaktor las

R_{nw} : Tahanan nominal per satuan panjang las

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

Tahanan nominal Las

$$\phi R_{nw} = \phi \cdot t_e \cdot 0,6 f_{uw} \quad (2.7.2-2)$$

Dimana :

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

t_e : Tebal efektif las (0,707a) dengan a = tebal las sudut

f_{uw} : Kuat tarik las

Panjang Las yang dibutuhkan :

$$L_w = \frac{R_u}{\phi \times R_{nw}} \quad (2.7.2-3)$$

Dimana :

L_w : Panjang las yang dibutuhkan

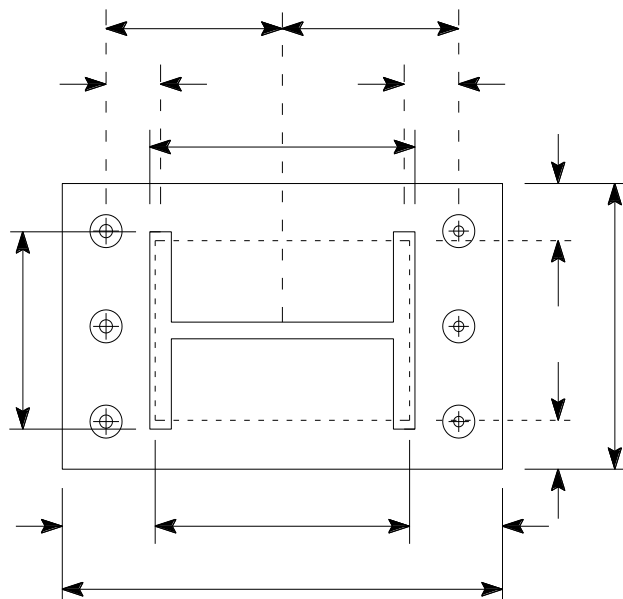
R_u : Beban terfaktor (N)

R_{nw} : Tahanan nominal per satuan panjang las (N/mm)

2.8 Plat landasan (*Base plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur baja, bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah Plat landasan (*base plate*). Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat, angkur serta sirip-

sirip pengaku (*stiffener*). Suatu struktur base plate dan angkur harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi.



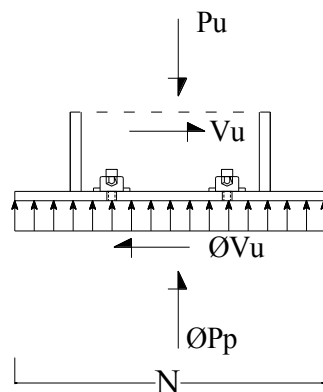
Gambar 2.7 Notasi pada plat landasan(*Base Plate*)

Dalam perencanaan suatu struktur base plate biasanya dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu tipe dimana base plate tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealisasi tumpuan, adalah tumpuan sendi. Dan base plate dengan

beban momen lentur yang terjadi, angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi.

Kategori Sendi :

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja , maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata pada bidang kontak antara base plate dan beton penumpu. Sedangkan angkur yang terpasang ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi.



Gambar 2.8 Beban yang bekerja pada *Base plate*

Untuk kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton (P_p) harus sejaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u \leq \phi \cdot P_p \quad (2.8-1)$$

$$P_p = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.8-2)$$

Dimana :

P_u : Gaya aksial terfaktor

Pp : Gaya aksial nominal

N : Panjang *base plate*

B : Lebar *base plate*

A1 : Luas permukaan *base plate*

A2 : Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani.

ϕ : Faktor Reduksi (0,6)

$f'c$: Kuat tekan beton

Pemeriksaan terhadap friksi:

$$\phi V_n = \phi \times \mu \times P_u \leq 0,2 \times f'c \times A_c \quad (2.8-3)$$

Dimana :

V_n : Gaya geser nominal (N)

A_c : Luas permukaan beton penumpu (mm²)

ϕ : Faktor reduksi (0,6)

μ : Koefisien friksi (0,55 untuk baja ke grout dan 0,7 untuk baja ke beton)

$f'c$: Kuat tekan beton (MPa)

Perhitungan Angkur :

Angkur yang direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik.

Kontrol geser :

$$V_{ub} \leq \phi f_{nv} \times A_b \quad (2.8-4)$$

Dimana :

V_{ub} : Gaya geser yang terjadi (N)

Ab : Luas tubuh angkur (mm²)

Ø : Faktor reduksi (0,75)

f_{nv} : Tegangan geser nominal (MPa)

Tebal Base Plate

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \quad (2.8-5)$$

$$n = \frac{(B - 0,8.b_f)}{2} \quad (2.8-6)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.8-7)$$

$$f = \frac{N}{2} - \text{Jarak as angkur dengan sisi terluar plat} \quad (2.8-8)$$

Maka :

$$t_p \geq 1,49 . maks(m, n) \sqrt{\frac{P_u}{B . N . f_y}} \quad (2.8-9)$$

Dimana :

P_u : Gaya aksial terfaktor

t_p : Tebal *base plate*

B : Lebar *base plate*

N : Panjang *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja

Kategori Jepit :

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul momen lentur yang terjadi. Sedangkan angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi. Dalam kasus ini ada dua variabel yang harus dihitung yaitu panjang Y dan gaya tarik pada angkur, T_u .

Dimensi Base Plate:

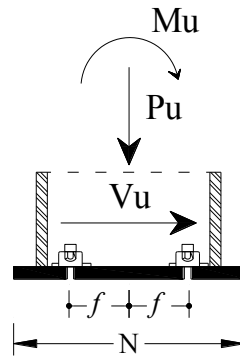
$$A1 = B \times N \quad (2.8-10)$$

Dimana :

N : Panjang base plate

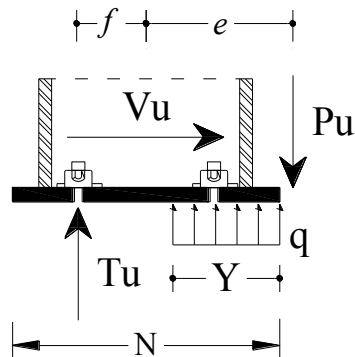
B : Lebar base plate

A1 : Luas permukaan base plate



Gambar 2.9 Beban yang bekerja pada *Base plate*

Perhitungan Eksentrisitas :



Gambar 2.10 *Base Plate* dengan eksentrisitas beban

$$e = \frac{Mu}{Pu} \quad (2.8-11)$$

Dimana :

e : Jarak Eksentisitas (mm)

Mu : Momen yang terjadi (Nmm)

Pu : Gaya tekan yang terjadi (N)

Perhitungan Tegangan Tumpu Pada Beton :

$$q = \phi_c \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot B \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.8-12)$$

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(-\left(f + \frac{N}{2}\right)\right)^2 - \frac{2Pu(f+e)}{q}} \quad (2.8-13)$$

$$Tu = q \cdot Y - Pu \quad (2.8-14)$$

Dimana :

ϕ_c : Faktor Reduksi (0,6)

f'_c : Kuat tekan beton

B : Lebar base plate

Tu : Gaya tarik pada angkur

q : Gaya merata pada plat (N/mm)

A1 : Luas base plate

A2 : Luas maksimum base plate yang menahan beban konsentrik

Perhitungan Angkur :

Angkur yang direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik.

Kontrol geser :

$$V_{ub} \leq \phi f_{nv} \times A_b \quad (2.8-15)$$

Kontrol Tarik :

$$T_{ub} \leq \phi f_{nt} \times A_b \quad (2.8-16)$$

Dimana :

Tub : Gaya tarik yang terjadi (N)

Vub : Gaya geser yang terjadi (N)

Ab : Luas tubuh angkur (mm²)

ϕ : Faktor reduksi (0,75)

f_{nt} : Tegangan tarik nominal (MPa)

f_{nv} : Tegangan geser (MPa)

Tebal *Base Plate*

$$m = \frac{(N - 0,95.d)}{2} \quad (2.8-17)$$

$$n = \frac{(B - 0,8.b_f)}{2} \quad (2.8-18)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.8-19)$$

$$f = \frac{N}{2} - \text{Jarak as angkur dengan sisi terluar plat} \quad (2.8-20)$$

Maka :

$$t_p = 2,11 \sqrt{\frac{P_u . m - \left(\frac{Y}{2}\right)}{B . f_y}} \quad (2.8-21)$$

Dimana :

t_p : Tebal *base plate*

B : Lebar *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja

Kontrol terhadap momen :

$$M_n \geq M_{pl} \quad (2.8-22)$$

$$M_{pl} = \frac{T_u . x}{B} \quad (2.8-23)$$

$$M_n = M_p = \frac{t_p^2}{4} . f_y \quad (2.8-24)$$

Dimana :

M_{pl} : Momen lentur terfaktor pada *base plate*(Nmm)

M_n : Momen nominal pada *base plate*(Nmm)

t_p : Tebal *base plate*

B : Lebar *base plate*

f_y : Tegangan leleh baja (Mpa)

BAB III

PERHITUNGAN STATIKA

3.1 Data - Data Perencanaan

3.1.1 Data Bangunan

- Nama gedung : Gedung kuliah FIS - UNM
- Lokasi gedung : Jln. Semarang No. 5 Malang
- Fungsi bangunan : Gedung kuliah
- Jumlah lantai : 7 lantai + Atap
- Bentang memanjang : 54 meter
- Bentang melintang : 25.20 meter
- Tinggi bangunan : 30 meter

3.1.2 Data Material

- Profil Baja Struktur : *Wide Flange (WF) dan H Beam*
- Mutu baja profil : BJ 37
- Tegangan putus baja profil (f_u) : 370 MPa
- Tegangan leleh baja profil (f_y) : 240 MPa
- Mutu Baja Tulangan (f_{yt}) : 240 MPa
- Modulus elastisitas baja (E_s) : 200000 Mpa
- Mutu beton (f_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f_c}$
: $4700 \sqrt{25}$
: 23500 MPa

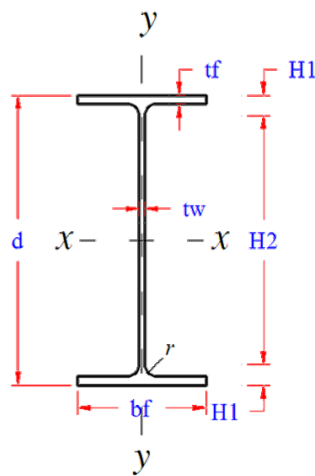
3.2 Pendimensionian Struktur

3.2.1 Balok

Digunakan dimensi balok sebagai berikut :

- 1) Balok induk (sumber : PT. GUNUNG RAJA PAKSI)

Digunakan profil baja WF 500 x 200 x 10 x 16

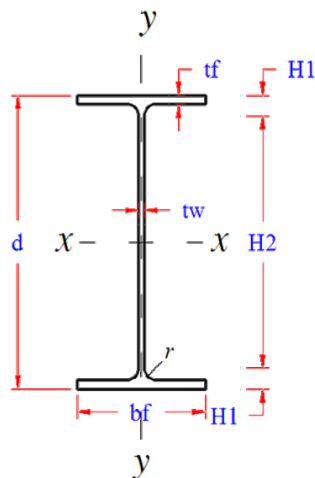


Dari tabel baja diperoleh :

d : 500.0 mm	w : 89.70 Kg/m
b_f : 200.0 mm	I_x : 47800.0 cm ⁴
t_w : 10.0 mm	I_y : 2140.0 cm ⁴
t_f : 16.0 mm	i_x : 20.50 cm
A_g : 114.20 cm ²	i_y : 4.33 cm
r : 20.0 mm	S_x : 1910.00 cm ³
H_1 : 36.0 mm	S_y : 214.00 cm ³
H_2 : 428.0 mm	

- 2) Balok Anak (sumber : PT. GUNUNG RAJA PAKSI)

Digunakan profil baja WF 300 x 150 x 6.5 x 9

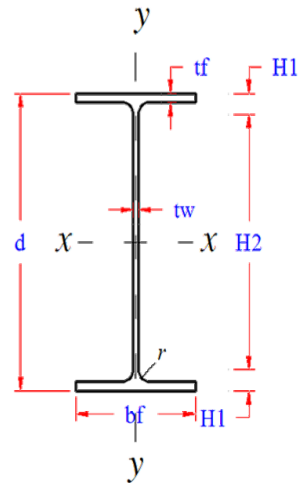


Dari tabel baja diperoleh :

d : 300.0 mm	w : 36.70 Kg/m
b_f : 150.0 mm	I_x : 7210.0 cm ⁴
t_w : 6.5 mm	I_y : 508.0 cm ⁴
t_f : 9.0 mm	i_x : 12.40 cm
A_g : 46.78 cm ²	i_y : 3.29 cm
r : 13.0 mm	S_x : 481.00 cm ³
H_1 : 22.0 mm	S_y : 67.70 cm ³
H_2 : 256.0 mm	

3.2.2 Kolom (sumber : PT. CIGADING HABEAM CENTER)

Digunakan profil baja H BEAM 500 x 500 x 16 x 32

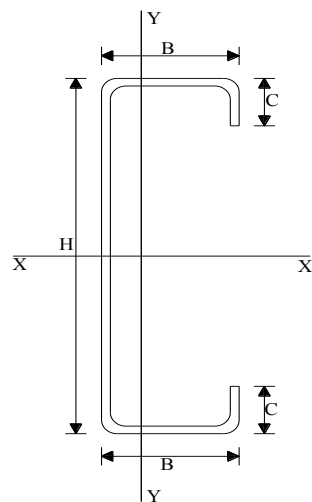


Dari tabel baja diperoleh :

d : 500.0 mm	w : 307.90 Kg/m
b_f : 500.0 mm	I_x : 186543.0 cm ⁴
t_w : 16.0 mm	I_y : 66682.0 cm ⁴
t_f : 32.0 mm	i_x : 21.90 cm
A_g : 389.80 cm ²	i_y : 13.08 cm
r : 22.0 mm	S_x : 7461.70 cm ³
H_1 : 54.0 mm	S_y : 2667.30 cm ³
H_2 : 392.0 mm	

3.2.3 Gording (sumber : PT. GUNUNG RAJA PAKSI)

Digunakan profil baja Lips Channel 150 x 50 x 20 x 3.2

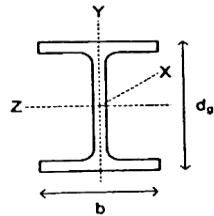


Dari tabel baja diperoleh :

H : 150.0 mm	w : 6.76 Kg/m
B : 50.0 mm	I_x : 280.0 cm ⁴
C : 20.0 mm	I_y : 28.0 cm ⁴
t : 3.2 mm	Z_x : 37.40 cm ³
A_g : 8.61 cm ²	Z_y : 8.20 cm ³
r_x : 5.71 cm	X_c : 3.77 cm
r_y : 1.81 cm	J : 2938.0 cm ⁴
c_y : 1.54 cm	C_v : 2938.0 cm ⁶

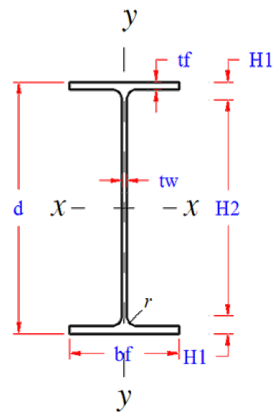
3.2.4 Pendimensian Balok Komposit

a) Balok induk 500.200.10.16 (L = 1080 cm)



Sumbu koordinat (X, Y, Z) sama dengan sumbu lokal yang dipakai Staad Pro

- Data profil balok Wf (sumber : PT. Gunung Raja Paksi)



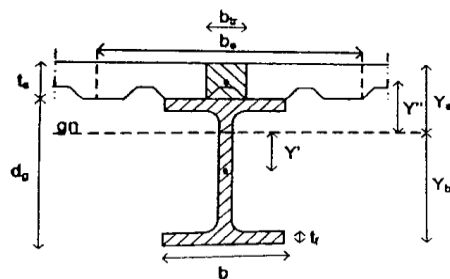
$$d = 50 \text{ cm} \quad bf = 20 \text{ cm}$$

$$tw = 1.0 \text{ cm} \quad H1 = 3.6 \text{ cm}$$

$$tf = 1.6 \text{ cm} \quad Ag = 114.2 \text{ cm}^2$$

$$H2 = 42.80 \text{ cm} \quad Ix = 47800 \text{ cm}^4$$

Pendimensian komposit penampang tanpa lubang :

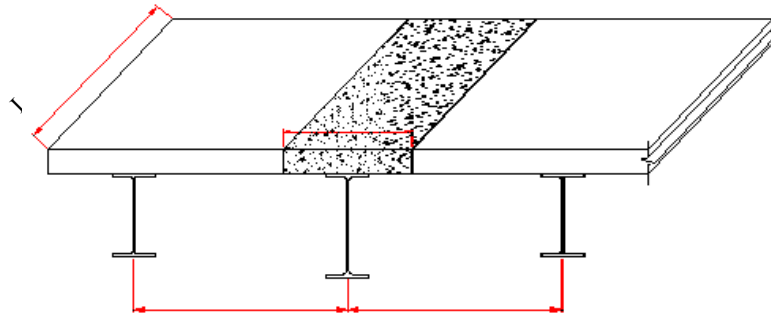


Data perencanaan :

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa} \quad t_s = 12 \text{ cm}$$

● Menentukan lebar efektif untuk celah tengah (Interior)



$$L_1 = 360 \text{ cm} \quad L_2 = 360 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = 1/8 L \quad b_{eff} = 1/8 L$$

$$b_{eff} = 1/8 \text{ untuk satu bentang balok, pusat ke pusat tumpuan.}$$

$$b_{eff} = 1/8 + 1/8 = 2/8 = 1/4$$

$$b_{eff} \leq 1/4 L = 0.25 \times 1080 = 270 \text{ cm}$$

$$\leq (L_1 + L_2)/2 = (360 + 360)/2 = 360 \text{ cm}$$

Jadi lebar efektif yang diambil yang terkecil, $b_{eff} = 270 \text{ cm}$

● Sifat elastisitas penampang komposit (beton ditransformasikan menjadi baja)

$$\begin{aligned} \text{- Modulus elastisitas beton (} E_c \text{)} &= 4700 \sqrt{25} \\ &= 4700 \sqrt{25} \\ &= 23500 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{- Rasio modulus elastisitas (} n \text{)} = E_s/E_c = 200000 / 23500 = 8.51$$

$$\begin{aligned} \text{- Lebar penampang beton komposit (} b_{tr} \text{)} &= b_{eff} / n \\ &= 270 / 8.51 = 32 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Luas penampang beton komposit (} A_{tr} \text{)} &= b_{tr} \times t_s \\ &= 32 \times 12 = 384 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Menentukan sumbu netral pada penampang komposit terhadap serat atas :

Elemen	Luas transformasi	Statis momen terhadap	A x Y	Io
	A (cm ²)	serat atas Y (cm)	(cm ³)	(cm ⁴)
Pelat	381	6	2284.200	4568.400
WF 500.200	114.20	31	3540	47800.000
Σ	494.900	-	5824.400	52368.400

$$Y_a = \frac{\sum AY}{\sum A} = \frac{5824.40}{494.900} = 11.77 \text{ cm}$$

$$Y_b = d_g + t_s - Y_a$$

$$= 50 + 12 - 11.77 = 50.23 \text{ cm}$$

$$y'' = Y_a - (1/2 \times t_s)$$

$$= 11.77 - (0.5 \times 12) = 5.8 \text{ cm}$$

$$Y' = Y - Y_a$$

$$= 31 - 11.77 = 19.23 \text{ cm}$$

$$I_{trZ} = I_{o_{plat}} + A_{plat} (Y'')^2 + I_{o_{profil}} + A_{profil} (Y')^2$$

$$= 4568.40 + 380.700 \cdot (5.8)^2 + 47800.000 + 114 \cdot (19.23)^2$$

$$= 107273.356 \text{ cm}^4$$

$$I_{trX} = \left[\frac{1}{6} \times (2 \cdot b_f \cdot t_f^3) \right] \left[\left(d_g - 2t_f \right) \times t_y^3 \right] \left[+ \left(1 - (0.63 \times t_s / b_{tr}) \right) \times b_{tr} \right] t_s^3$$

$$= \left[\frac{1}{6} \times (2 \times 20 \times 1.6^3) \right] \left[(50 - 2 \times 1.6) \times 1.0^3 \right] +$$

$$\left[\left(1 - (0.63 \times 12 / 32) \right) \times 32 \times 12^3 \right]$$

$$= 27.31 + 47 + 41757.120$$

$$= 41831.227 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
I_{trY} &= (1/12 \times t_s \times b_{tr}^3) + (2 \times 1/12 \times t_f \times b_f^3) + (1/12 \times (d_g - 2 \times t_f) \times t_w^3) \\
&= (1/12 \times 12 \times 32^3) + (2 \times 1/12 \times 1.6 \times 20^3) + \\
&\quad (1/12 \times (50 - 2 \times 1.6) \times 1.0^3) \\
&= 31930.439 + 2133 + 3.9 \\
&= 34067.673 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_x &= A_{plat} + A_{profil} \\
&= 381 + 114 \\
&= 495 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_z &= (2 \times b_f \times t_f) + (b_{tr} \times t_s) \\
&= (2 \times 20 \times 1.6) + (32 \times 12) \\
&= 445 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_y &= (d_g \times t_w) + (b_{tr} \times t_s) \\
&= (50 \times 1.0) + (32 \times 12) \\
&= 431 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan profil balok komposit, yaitu

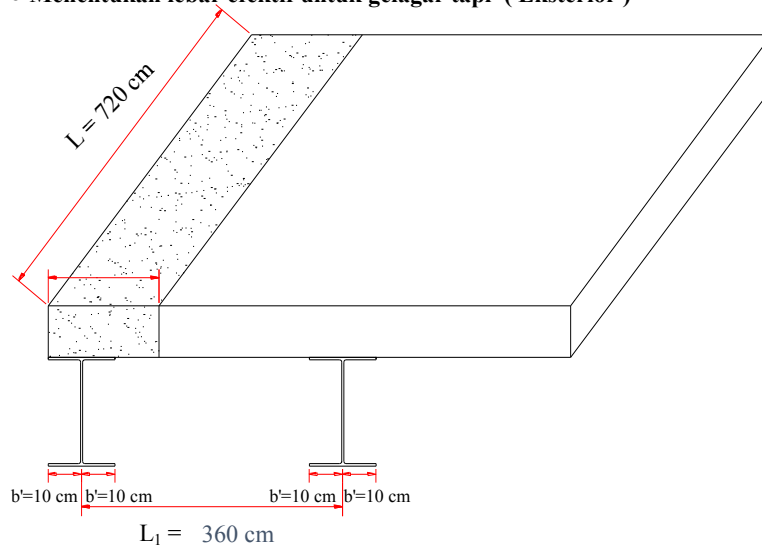
nilai A_x , A_y , A_z , I_x , I_y , I_z , dipakai profil untuk digunakan sebagai tinjauan

desain dan digunakan pada analisa struktur (statika) komposit. Maka digunakan

profil balok komposit dengan spesifikasi :

$$\begin{aligned}
A_x &= 495 \text{ cm}^2 & I_x &= 41831.227 \text{ cm}^4 \\
A_y &= 431 \text{ cm}^2 & I_y &= 34067.673 \text{ cm}^4 \\
A_z &= 445 \text{ cm}^2 & I_z &= 107273.36 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

• Menentukan lebar efektif untuk gelagar tapi (Eksterior)



$1/8$

$b_{\text{eff}} = 1/8$ untuk satu bentang balok , pusat ke pusat tumpuan.

$$b_{\text{eff}} \leq 1/8 L + b' = 0.13 \times 720 + 10 = 100 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} \leq (L_1 / 2) + b' = (360 / 2) + 10 = 190 \text{ cm}$$

Jadi lebar efektif yang diambil yang terkecil, $b_{\text{eff}} = 100 \text{ cm}$

• Sifat elastisitas penampang komposit (beton ditransformasikan menjadi baja)

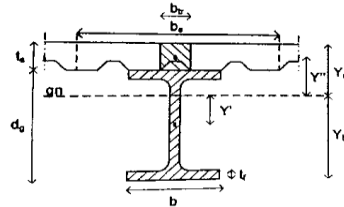
$$\begin{aligned} \text{- Modulus elastisitas beton (} E_c \text{)} &= 4700 \sqrt{25} \\ &= 4700 \sqrt{25} \\ &= 23500 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\text{- Rasio modulus elastisitas (} n \text{)} = E_s / E_c = 200000 / 23500 = 8.51$$

$$\begin{aligned} \text{- Lebar penampang beton komposit (} b_{\text{tr}} \text{)} &= b_{\text{eff}} / n \\ &= 100 / 8.51 = 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Luas penampang beton komposit (} A_{\text{tr}} \text{)} &= b_{\text{tr}} \times t_s \\ &= 12 \times 12 = 141 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Pendimensian penampang komposit :



- Menentukan sumbu netral pada penampang komposit terhadap serat atas :

Elemen	Luas transformasi	Statis momen terhadap	A x Y	I _o
	A (cm ²)	serat atas Y (cm)	(cm ³)	(cm ⁴)
Pelat	141	6	846.000	1692.000
WF 500.200	114.20	31	3540	47800.000
Σ	255.200	-	4386.200	49492.000

$$Y_a = \frac{\sum AY}{\sum A} = \frac{4386.20}{255.200} = 17.19 \text{ cm}$$

$$Y_b = d_g + t_s - Y_a$$

$$= 50 + 12 - 17.19 = 44.81 \text{ cm}$$

$$y'' = Y_a - (1/2 \times t_s)$$

$$= 17.19 - (0.5 \times 12) = 11.2 \text{ cm}$$

$$Y' = Y - Y_a$$

$$= 31 - 17.19 = 13.81 \text{ cm}$$

$$I_{trZ} = I_{o_{plat}} + A_{plat} (Y'')^2 + I_{o_{profil}} + A_{profil} (Y')^2$$

$$= 1692.00 + 141.000 \cdot (11.2)^2 + 47800.000 + 114 \cdot (13.81)^2$$

$$= 88927.247 \text{ cm}^4$$

$$I_{trX} = (1/6 \times (2 \cdot b_f \cdot t_f^3)) + ((d_g - 2t_f) \times t_w^3) + (1 - (0.63 \times t_s/b_{tr})) \times b_{tr} \times t_s^3$$

$$= \left[\frac{1}{6} \times (2 \times 20 \times 1.6^3) \right] + \left[(50 - 2 \times 1.6) \times 1.6^3 \right] + \left[(1 - (0.63 \times 12 / 12)) \times 12 \times 12^3 \right]$$

$$= 27.31 + 192 + 7240.320$$

$$= 7459.319 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
I_{trY} &= (1/12 \times t_s \times b_{tr}^3) + (2 \times 1/12 \times t_f \times b_f^3) + (1/12 \times (d_g - 2 \times t_f) \times t_w^3) \\
&= (1/12 \times 12 \times 12^3) + (2 \times 1/12 \times 1.6 \times 20^3) + \\
&\quad (1/12 \times (50 - 2 \times 1.6) \times 1.6^3) \\
&= 1622.234 + 2133 + 16 \\
&= 3771.542 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_x &= A_{plat} + A_{profil} \\
&= 141 + 114 \\
&= 255 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_z &= (2 \times b_f \times t_f) + (b_{tr} \times t_s) \\
&= (2 \times 20 \times 1.6) + (12 \times 12) \\
&= 205 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_y &= (d_g \times t_w) + (b_{tr} \times t_s) \\
&= (50 \times 1.6) + (12 \times 12) \\
&= 221 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan profil balok komposit, yaitu

nilai A_x , A_y , A_z , I_x , I_y , I_z , dipakai profil untuk digunakan sebagai tinjauan

desain dan digunakan pada analisa struktur (statika) komposit. Maka digunakan

profil balok komposit dengan spesifikasi :

$$\begin{array}{ll}
A_x = 255 \text{ cm}^2 & I_x = 7459.319 \text{ cm}^4 \\
A_y = 221 \text{ cm}^2 & I_y = 3771.542 \text{ cm}^4 \\
A_z = 205 \text{ cm}^2 & I_z = 88927.25 \text{ cm}^4
\end{array}$$

Untuk perhitungan balok komposit selanjutnya dapat dilihat dalam tabel :

Data lebar efektif untuk penampang komposit

Profil	Jenis gelagar	L	b_{eff}	b_{tr}	A_{tr}
		cm	cm	cm	cm ²
WF.500x200x10x16	Interior	1080	270	32	381
WF.500x200x10x16	Interior	720	180	21	154
WF.500x200x10x16	Eksterior	720	100	12	141
WF.500x200x10x16	Eksterior	500	125	15	176
WF.500x200x10x16	Interior	360	90	11	127
WF.500x200x10x16	Eksterior	360	55	6.5	78
WF.300x150x6.5x9	Interior	360	49	6	94
WF.300x150x6.5x9	Eksterior	360	49	6	94

Momen inersia komposit penampang berlubang (I_{nett}) dan tak berlubang (I_{gross})

Profil Penampang komposit	L (cm)	Luas komposit (cm ²)		Momen inersia (cm ⁴)	
B. induk 500x200x10x16 Interior	1080	A_x	495	I_x	41831.227
		A_y	431	I_y	34067.673
		A_z	445	I_z	107273.36
B. induk 500x200x10x16 Interior	720	A_x	368	I_x	23557.627
		A_y	304	I_y	11598.104
		A_z	318	I_z	100071.08
B. induk 500x200x10x16 Eksterior	720	A_x	255	I_x	7459.319
		A_y	221	I_y	3771.542
		A_z	205	I_z	88927.250

B.induk 500x200x10x16 Eksterior	500	A _x	216	I _x	1875.719
		A _y	182	I _y	2767.506
		A _z	166	I _z	82739.580
B.induk 500x200x10x16 Interior	360	A _x	241	I _x	5284.027
		A _y	177	I _y	3319.842
		A _z	191	I _z	86890.150
B.induk 500x200x10x16 Eksterior	360	A _x	192	I _x	1677.481
		A _y	158	I _y	2419.207
		A _z	142	I _z	77597.000
B. anak 300x150x6.5x9 Interior	360	A _x	290	I _x	12390.427
		A _y	226	I _y	5305.660
		A _z	240	I _z	93226.560
B. anak 300x150x6.5x9 Eksterior	360	A _x	216	I _x	1875.719
		A _y	182	I _y	2767.506
		A _z	166	I _z	82739.580

3.3 Pembebanan

A. Beban Mati (PPURG 1987)

- Berat penutup lantai keramik per cm tebal : 24.0 Kg/m^2
tebal keramik, 0.7cm : $24.0 \text{ Kg/m}^2 \times 0.7 = 16.8 \text{ Kg/m}^2$
- Berat spesi (adukan) : 21.0 Kg/m^2
tebal spesi 3cm, maka : $21.0 \text{ Kg/m}^2 \times 3.0 \text{ cm} = 63 \text{ Kg/m}^2$
- Berat plafon : 11.0 Kg/m^2
- Berat penggantung : 7.0 Kg/m^2
- Berat beton bertulang : 2400.0 Kg/m^3
- Berat dinding 1/2 batu per m^2 : 250.0 Kg/m^2
- Pasir : 1600.0 Kg/m^3
- Berat Equipment : 35.0 Kg/m^2

B. Beban Hidup (SNI 1727-2013)

- Beban Hidup Lantai 7 : $4.79 \text{ kN/m}^2 = 488.409 \text{ kg/m}^2$
- Beban Hidup Lantai 2-6 : $1.92 \text{ kN/m}^2 = 195.771 \text{ kg/m}^2$

C. Beban Angin (Wind load SNI 1727-2013)

Menentukan Tekanan Angin Sesuai SNI 1727-2013 hal 64

- Langkah 1 : Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain
gedung kuliah masuk dalam kategori risiko 4
- Langkah 2 : Tentukan kecepatan angin dasar , V , untuk kategori yang sesuai
diambil V , sebesar : $40 \text{ km/jam} = 11.111 \text{ m/s}$
- Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin

1. Faktor angin (K_d)

karena tipe struktur masuk dalam sistem penahan beban angin utama

maka : diambil $K_d = 0.85$ (SNI 1727:2013 pasal 26.6)

2. Kategori eksposur

Masuk dalam eksposur, B (SNI 1727:2013 pasal 26.7.2)

3. Faktor topografi (K_z)

Diambil K_z : 1.0 (SNI 1727:2013 pasal 26.8.2)

4. Faktor efek tiupan angin (G)

Diambil G : 0.85 (SNI 1727:2013 pasal 26.9.1)

5. Klasifikasi ketertutupan

merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koef. tekanan

internak diambil : $GC_{pi} = 0.18$ (SNI 1727:2013 pasal 26.11.1)

- Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h :

$$\alpha = 7.0 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.3.1})$$

$$Z_g = 365.76 \text{ m}$$

$$Z = \text{Tinggi dinding} = 30.0 \text{ m}$$

$$K_z = 2.01 \times \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^{2/\alpha} = 2.01 \times \left(\frac{30.0}{365.8} \right)^{2/7} = 0.98376$$

- Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas, q atau q_h

$$\begin{aligned} q_h &= 0.613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0.613 \times 0.98376 \times 1.00 \times 0.85 \times 11.1111^2 \\ &= 63.2825 \text{ N/m}^2 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.3.2}) \end{aligned}$$

- Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal, C_p atau C_N

$$C_{p,t} \text{ disisi angin tekan} = 0.18 \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.4.1})$$

$$C_{p,h} \text{ disisi angin hisap} = 0.6$$

- Langkah 7 : Menghitung tekanan angin, P

$$P \text{ tekan} = q_h \times G \times C_{pt} \quad (\text{SNI 1727:2013 pasal 27.4.1})$$

$$= 63.282 \times 0.85 \times 0.18$$

$$= 9.6822 \text{ N/m}^2 = 1.0 \text{ kg/m}^2$$

$$P \text{ hisap} = q_h \times G \times C_{pt}$$

$$= 63.282 \times 0.85 \times 0.60$$

$$= 32.274 \text{ N/m}^2 = 3.23 \text{ kg/m}^2$$

3.3.1 Perhitungan Pembebanan

1. Perhitungan Pembebanan Lantai

Beban Mati :

Berat urugan pasir	=	0.02 m	x	1600.0 Kg/m ³	=	32 kg/m ²
Berat tegel keramik	=	0.7 cm	x	24.0 Kg/m ²	=	16.8 kg/m ²
Berat spesi	=	3.0 cm	x	21.0 Kg/m ²	=	63 kg/m ²
Penggantung	=				=	7 kg/m ²
Plafond	=				=	11 kg/m ²
Berat equipment	=				=	35 kg/m ²
					=	<u>165 kg/m²</u>

3.3.2 Perhitungan beban masing-masing lantai

1. Berat struktur lantai 7 + Atap

a. Beban Mati

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Tebal plat} &= 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m} \\ \text{- Berat jenis Beton bertulang} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Berat plat} &= \text{Tebal plat} \times \text{Berat jenis beton bertulang} \\ &= 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 288 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Tebal adukan} &= 3 \text{ cm} \\ \text{- Berat jenis adukan} &= 21 \text{ kg/m}^2 \text{ per cm tebal} \\ \text{- Berat spesi/adukan} &= \text{Tebal adukan} \times \text{berat jenis adukan} \end{aligned}$$

$$= 3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$$

$$= \mathbf{63 \text{ kg/m}^2}$$

Maka berat total lantai atap / m² adalah :

- Berat sendiri plat	=	288 kg/m ²
-Berat tegel keramik	=	16.8 kg/m ²
-Berat urugan pasir	=	32 kg/m ²
- Berat plafond	=	11 kg/m ²
-Berat penggantung	=	7 kg/m ²
-Berat equipment	=	35 kg/m ²
-Berat spesi/adukan	=	63 kg/m ²
Berat total / m ²	=	453 kg/m²

Diketahui :

- Panjang gedung	=	54 m
- Lebar gedung	=	18 m
-Luas sisi luar gedung	=	((10.8x3.6)+(3.6x3.6)+(3.6x3.6)+(7.2x3.6)+ = (7.2x3.6)-(2.6x3.6)-(5.7x3.6)-(5.7x3.6)) = 66.24 m ²
-Luas lantai 7	=	Panjang gedung x lebar gedung + sisi luar gedung = 54 m x 18 m + 66.24 m ² = 1038.2 m²

Jadi :

-Berat lantai 7	=	Luas lantai 7 x Berat lantai / m ²
	=	1038 m ² x 453 kg/m ²
	=	470115 kg

Beban Atap kuda-kuda =	(berat atap sakuraroof + plafon + elektrikal) x luas Atap kuda-kuda
	= 57 kg/m ² x 1034.424 m ²
	= 58962.168 kg

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	89.70	54	17437.68
	7.2	89.70	2	1291.68
	10.8	89.70	5	4843.8
Arah y	3.6	89.70	28	9041.76
	5	89.70	2	897
	7.2	89.70	32	20666.88
Total berat balok induk lantai 7				54178.8

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	36.70	31	4095.72
Total berat balok anak lantai 7				4095.72

-Berat kuda-kuda dan gording

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Berat Kg
kuda-kuda Wf 300x150	244.6	36.70	8976.82
Gording	1196	6.76	8084.96
Total berat balok anak lantai 7			17061.78

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Kolom} &= H \times \sum \text{kolom} \times w \\ \text{dimana, } H &= \text{Tinggi Kolom} \\ \sum &= \text{Jumlah Kolom} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, \sum (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	5.6	52	307.9	89660.48
Bawah	1.50	76	307.9	35100.60
Total berat kolom lantai 7				124761.08

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Dinding} &= H \times L \times \text{Berat dinding } 1/2 \text{ batu} \\ \text{dimana, } H &= \text{tinggi dinding (m)} \\ \text{Berat dinding} &= \text{dinding } 1/2 \text{ batu per m}^2 \\ L &= \text{Panjang bentang dinding} \end{aligned}$$

Dinding	Arah	H m	Panjang L (m)	B.Bata kg/m ²	Berat kg
Atas	Arah x	5.5	154.8	250	212850
	Arah y	5.5	115	250	158125

Bawah	Arah x	1.5	212.4	250	79650
	Arah y	1.5	197.2	250	73950
Total Berat dinding lantai 7					524575
90%					472117.5

Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan

Berat total baja = Berat kolom + berat balok + balok anak
= 124761 + 54179 + 4095.7 + 17062
= 200097.38 Kg

Berat sambungan = 10 % x 200097.38
= 20009.7 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk lantai 7, yakni :

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat lantai	470115.07
Berat atap	58962.17
Berat balok induk	54178.80
Berat balok anak	4095.72
Berat kolom	124761.08
Berat kuda -kuda+gording	17061.78
Berat dinding	472117.50
Berat sambungan	20009.74
Total berat ($\sum w$ dead)	1221301.86

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

-Koefisien reduksi = 0.3

-Beban plat lantai 7 = Luas lantai 7 x beban guna x koef. Reduksi

$$= 1038.2 \text{ m}^2 \times 488.409 \text{ kg/m}^2 \times 0.3$$

$$= \mathbf{152126 \text{ kg}}$$

-Beban kuda-kuda : asumsi 6 orang pekerja @ 96 kg

$$= 0.3 \text{ m}^2 \times 96 \times 6$$

$$= \mathbf{172.8 \text{ kg}}$$

Maka total beban yang terjadi pada lantai 7 adalah :

$$\begin{aligned} \Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 1221301.9 \text{ kg} + 152298.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Berat total lantai 7} = \mathbf{1373600.39 \text{ kg}}$$

2. Berat struktur lantai 6

a. Beban Mati

Diketahui :

$$\text{- Tebal plat} = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$$

$$\text{- Berat jenis Beton bertulang} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{-Berat plat} &= \text{Tebal plat} \times \text{Berat jenis beton bertulang} \\ &= 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{288 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\text{- Tebal adukan} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{- Berat jenis adukan} = 21 \text{ kg/m}^2 \text{ per cm tebal}$$

$$\begin{aligned} \text{-Berat spesi/adukan} &= \text{Tebal adukan} \times \text{berat jenis adukan} \\ &= 3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2 \\ &= \mathbf{63 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Maka berat total lantai 6 / m² adalah :

$$\text{- Berat sendiri plat} = 288 \text{ kg/m}^2$$

-Berat tegel keramik	=	16.8 kg/m ²
-Berat urugan pasir	=	32 kg/m ²
- Berat plafond	=	11 kg/m ²
-Berat penggantung	=	7 kg/m ²
-Berat equipment	=	35 kg/m ²
-Berat spesi/adukan	=	63 kg/m ²
Berat total / m ²	=	453 kg/m²

Diketahui :

- Panjang gedung	=	54 m
- Lebar gedung	=	18 m
-Luas sisi luar gedung	=	((10.8x3.6)+(3.6x3.6)+(3.6x3.6)+(7.2x3.6) = +(7.2x3.6)-(2.6x3.6)-(5.7x3.6)) = 86.76 m ²
-Luas lantai 6	=	Panjang gedung x lebar gedung + sisi luar gedung = 54 m x 18 m + 86.76 m ² = 1058.8 m²

Jadi :

-Berat lantai 6	=	Luas lantai 6 x Berat lantai / m ² = 1059 m ² x 453 kg/m ² = 479407 kg
-----------------	---	--

Diketahui :

-Berat balok	=	L x \sum balok x w
dimana, L	=	Panjang bentang balok
\sum	=	Jumlah balok
w	=	Berat profil baja

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (Σ)	Berat Kg
Arah x	3.6	89.70	60	19375.2
	7.2	89.70	2	1291.68
	10.8	89.70	5	4843.8
Arah y	3.6	89.70	28	9041.76
	5	89.70	2	897
	7.2	89.70	32	20666.88
Total berat balok induk lantai 6				56116.32

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \Sigma \text{ balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \Sigma &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (Σ)	Berat Kg
Arah x	3.6	36.70	31	4095.72
Total berat balok anak lantai 6				4095.72

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Kolom} &= H \times \Sigma \text{ kolom} \times w \\ \text{dimana, } H &= \text{Tinggi Kolom} \\ \Sigma &= \text{Jumlah Kolom} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
-------	------------------	----------------------------	------------------------	---------------------

Atas	2.00	76	307.9	46800.8
Bawah	1.50	76	307.9	35100.60
Total berat kolom lantai 6				81901.4

Diketahui :

-Berat Dinding = $H \times L \times \text{Berat dinding } 1/2 \text{ batu}$

dimana, H = tinggi dinding (m)

Berat dinding = dinding 1/2 batu per m^2

L = Panjang bentang dinding

Dinding	Arah	H m	Panjang L (m)	B.Bata kg/m ²	Berat kg
Atas	Arah x	2.00	212.4	250	106200
	Arah y	2.00	197.2	250	98600
Bawah	Arah x	1.50	226.8	250	85050
	Arah y	1.50	179.3	250	67237.5
Total Berat dinding lantai 6					357087.5
90%					321378.75

Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan

Berat total baja = Berat kolom + berat balok + balok anak

= 81901 + 56116.32 + 4095.72

= 142113.44 Kg

Berat sambungan = 10 % x 142113.44

= 14211.3 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk lantai 6, yakni :

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat lantai	479406.53

Berat balok induk	56116.32
Berat balok anak	4095.72
Berat kolom	81901.40
Berat dinding	321378.75
Berat sambungan	14211.34
Total berat (Σw_{dead})	957110.06

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

$$\text{-Koefisien reduksi} = 0.3$$

$$\begin{aligned}\text{-Beban plat lantai 6} &= \text{Luas lantai 6} \times \text{beban guna} \times \text{koef. Reduksi} \\ &= 1058.8 \text{ m}^2 \times 195.771 \text{ kg/m}^2 \times 0.3\end{aligned}$$

$$\text{-Total beban hidup} = \mathbf{62182 \text{ kg}}$$

Maka total beban yang terjadi pada lantai 6 adalah :

$$\begin{aligned}\Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 957110.1 \text{ kg} + 62182.4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat total lantai 6} = \mathbf{1019292.41 \text{ kg}}$$

3. Berat struktur lantai 5

a. Beban Mati

Diketahui :

$$\text{- Tebal plat} = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$$

$$\text{- Berat jenis Beton bertulang} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{-Berat plat} &= \text{Tebal plat} \times \text{Berat jenis beton bertulang} \\ &= 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{288 \text{ kg/m}^2}\end{aligned}$$

Diketahui :

- Tebal adukan = 3 cm
- Berat jenis adukan = 21 kg/m² per cm tebal
- Berat spesi/adukan = Tebal adukan x berat jenis adukan
= 3 cm x 21 kg/m²
= **63 kg/m²**

Maka berat total lantai 5 / m² adalah :

- Berat sendiri plat = 288 kg/m²
- Berat tegel keramik = 16.8 kg/m²
- Berat urugan pasir = 32 kg/m²
- Berat plafond = 11 kg/m²
- Berat penggantung = 7 kg/m²
- Berat equipment = 35 kg/m²
- Berat spesi/adukan = 63 kg/m²
- Berat total / m² = **453 kg/m²**

Diketahui :

- Panjang gedung = 54 m
- Lebar gedung = 18 m
- Luas sisi luar gedung = ((10.8x3.6)+(3.6x3.6)+(3.6x3.6)+(7.2x3.6)
= +(7.2x3.6)-(2.6x3.6)-(5.7x3.6))
= 86.76 m²
- Luas lantai 5 = Panjang gedung x lebar gedung + sisi luar gedung
= 54 m x 18 m + 86.76 m²
= **1058.8 m²**

Jadi :

- Berat lantai 5 = Luas lantai 5x Berat lantai / m²
= 1059 m² x 453 kg/m²

$$= 479407 \text{ kg}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	89.70	60	19375.2
	7.2	89.70	2	1291.68
	10.8	89.70	5	4843.8
Arah y	3.6	89.70	28	9041.76
	5	89.70	2	897
	7.2	89.70	32	20666.88
Total berat balok induk lantai 5				56116.32

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	36.70	31	4095.72
Total berat balok anak lantai 5				4095.72

Tabel 3.3.16 Berat Balok anak Lantai 5

Diketahui :

$$\text{-Berat Kolom} = H \times \sum \text{kolom} \times w$$

$$\text{dimana, } H = \text{Tinggi Kolom}$$

$$\sum = \text{Jumlah Kolom}$$

$$w = \text{Berat profil baja}$$

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, \sum (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.00	76	307.9	46800.8
Bawah	1.50	76	307.9	35100.60
Total berat kolom lantai 5				81901.4

Diketahui :

$$\text{-Berat Dinding} = H \times L \times \text{Berat dinding 1/2 batu}$$

$$\text{dimana, } H = \text{tinggi dinding (m)}$$

$$\text{Berat dinding} = \text{dinding 1/2 batu per m}^2$$

$$L = \text{Panjang bentang dinding}$$

Dinding	Arah	H m	Panjang L (m)	B.Bata kg/m ²	Berat kg
Atas	Arah x	2.00	226.8	250	113400
	Arah y	2.00	179.3	250	89650
Bawah	Arah x	1.50	226.8	250	85050
	Arah y	1.50	179.3	250	67237.5
Total Berat dinding lantai 5					355337.5
90%					319803.75

$$\text{Berat sambungan} = 10 \% \times \text{berat total baja yg digunakan}$$

$$\text{Berat total baja} = \text{Berat kolom} + \text{berat balok} + \text{balok anak}$$

$$\begin{aligned}
 &= 81901 + 56116.32 + 4095.72 \\
 &= 142113.44 \text{ Kg} \\
 \text{Berat sambungan} &= 10 \% \times 142113.44 \\
 &= 14211.3 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, total berat beban mati untuk lantai 5, yakni :

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat lantai	479406.53
Berat balok induk	56116.32
Berat balok anak	4095.72
Berat kolom	81901.40
Berat dinding	319803.75
Berat sambungan	14211.34
Total berat ($\sum w_{dead}$)	955535.06

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{-Koefisien reduksi} &= 0.3 \\
 \text{-Beban plat lantai 5} &= \text{Luas lantai 5} \times \text{beban guna} \times \text{koef. Reduksi} \\
 &= 1058.8 \text{ m}^2 \times 195.771 \text{ kg/m}^2 \times 0.3 \\
 \text{-Total beban hidup} &= \mathbf{62182 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Maka total beban yang terjadi pada lantai 5 adalah :

$$\begin{aligned}
 \sum W &= W_{dead} + W_{live} \\
 &= 955535.1 \text{ kg} + 62182.4 \text{ kg} \\
 \text{Berat total lantai 5} &= \mathbf{1017717.41 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

4. Berat struktur lantai 4

a. Beban Mati

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Tebal plat} &= 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m} \\ \text{- Berat jenis Beton bertulang} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Berat plat} &= \text{Tebal plat} \times \text{Berat jenis beton bertulang} \\ &= 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{288 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Tebal adukan} &= 3 \text{ cm} \\ \text{- Berat jenis adukan} &= 21 \text{ kg/m}^2 \text{ per cm tebal} \\ \text{- Berat spesi/adukan} &= \text{Tebal adukan} \times \text{berat jenis adukan} \\ &= 3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2 \\ &= \mathbf{63 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Maka berat total lantai 4 / m² adalah :

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri plat} &= 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat tegel keramik} &= 16.8 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat urugan pasir} &= 32 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat plafond} &= 11 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat penggantung} &= 7 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat equipment} &= 35 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat spesi/adukan} &= 63 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat total / m}^2 &= \mathbf{453 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Panjang gedung} &= 54 \text{ m} \\ \text{- Lebar gedung} &= 18 \text{ m} \\ \text{- Luas sisi luar gedung} &= ((10.8 \times 3.6) + (3.6 \times 3.6) + (3.6 \times 3.6) + (7.2 \times 3.6)) \\ &= +(7.2 \times 3.6) - (2.6 \times 3.6) - (5.7 \times 3.6) \end{aligned}$$

$$= 86.76 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{-Luas lantai 4} &= \text{Panjang gedung} \times \text{lebar gedung} + \text{sisi luar gedung} \\ &= 54 \text{ m} \times 18 \text{ m} + 86.76 \text{ m} \\ &= \mathbf{1058.8 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{-Berat lantai 4} &= \text{Luas lantai 4} \times \text{Berat lantai} / \text{m}^2 \\ &= 1059 \text{ m}^2 \times 453 \text{ kg/m}^2 \\ &= \mathbf{479407 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	89.70	60	19375.2
	7.2	89.70	2	1291.68
	10.8	89.70	5	4843.8
Arah y	3.6	89.70	28	9041.76
	5	89.70	2	897
	7.2	89.70	32	20666.88
Total berat balok induk lantai 4				56116.32

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (Σ)	Berat Kg
Arah x	3.6	36.70	31	4095.72
Total berat balok anak lantai 4				4095.72

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Kolom} &= H \times \Sigma \text{ kolom} \times w \\ \text{dimana, } H &= \text{Tinggi Kolom} \\ \Sigma &= \text{Jumlah Kolom} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.00	76	307.9	46800.8
Bawah	1.50	76	307.9	35100.60
Total berat kolom lantai 4				81901.4

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Dinding} &= H \times L \times \text{Berat dinding 1/2 batu} \\ \text{dimana, } H &= \text{tinggi dinding (m)} \\ \text{Berat dinding} &= \text{dinding 1/2 batu per m}^2 \\ L &= \text{Panjang bentang dinding} \end{aligned}$$

Dinding	Arah	H m	Panjang L (m)	B.Bata kg/m ²	Berat kg
Atas	Arah x	2.00	226.8	250	113400
	Arah y	2.00	179.3	250	89650
Bawah	Arah x	1.50	216	250	81000
	Arah y	1.50	182.8	250	68550

Total Berat dinding lantai 4	352600
90%	317340

Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan

Berat total baja = Berat kolom + berat balok + balok anak
= 81901 + 56116.32 + 4095.72
= 142113.44 Kg

Berat sambungan = 10 % x 142113.44
= 14211.3 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk lantai 4, yakni :

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat lantai	479406.53
Berat balok induk	56116.32
Berat balok anak	4095.72
Berat kolom	81901.40
Berat dinding	317340.00
Berat sambungan	14211.34
Total berat ($\sum w_{dead}$)	953071.31

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

-Koefisien reduksi = 0.3

-Beban plat lantai 4 = Luas lantai 4 x beban guna x koef. Reduksi
= 1058.8 m² x 195.771 kg/m² x 0.3

-Total beban hidup = **62182 kg**

Maka total beban yang terjadi pada lantai 4 adalah :

$$\begin{aligned}\sum W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 953071.3 \text{ kg} + 62182.4 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\text{Berat total lantai 4} = 1015253.66 \text{ kg}$$

5. Berat struktur lantai 3

a. Beban Mati

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Tebal plat} &= 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m} \\ \text{- Berat jenis Beton bertulang} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\ \text{- Berat plat} &= \text{Tebal plat} \times \text{Berat jenis beton bertulang} \\ &= 0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 288 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{- Tebal adukan} &= 3 \text{ cm} \\ \text{- Berat jenis adukan} &= 21 \text{ kg/m}^2 \text{ per cm tebal} \\ \text{- Berat spesi/adukan} &= \text{Tebal adukan} \times \text{berat jenis adukan} \\ &= 3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2 \\ &= 63 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Maka berat total lantai 3 / m² adalah :

$$\begin{aligned} \text{- Berat sendiri plat} &= 288 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat tegel keramik} &= 16.8 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat urugan pasir} &= 32 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat plafond} &= 11 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat penggantung} &= 7 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat equipment} &= 35 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Berat spesi/adukan} &= 63 \text{ kg/m}^2 \\ \hline \text{Berat total / m}^2 &= 453 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{- Panjang gedung} &= 54 \text{ m} \\
 \text{- Lebar gedung} &= 18 \text{ m} \\
 \text{- Luas sisi luar gedung} &= ((10.8 \times 3.6) + (3.6 \times 3.6) + (3.6 \times 3.6) + (7.2 \times 3.6)) \\
 &= +(7.2 \times 3.6) - (2.6 \times 3.6) - (5.7 \times 3.6) - (5.7 \times 10.8)) \\
 &= 25.2 \text{ m}^2 \\
 \text{- Luas lantai 3} &= \text{Panjang gedung} \times \text{lebar gedung} + \text{sisi luar gedung} \\
 &= 54 \text{ m} \times 18 \text{ m} + 25.2 \text{ m}^2 \\
 &= 997.2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 \text{-Berat lantai 3} &= \text{Luas lantai 3} \times \text{Berat lantai} / \text{m}^2 \\
 &= 997 \text{ m}^2 \times 453 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 451532 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{ balok} \times w \\
 \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\
 \sum &= \text{Jumlah balok} \\
 w &= \text{Berat profil baja}
 \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	89.70	54	17437.68
	7.2	89.70	2	1291.68
	10.8	89.70	5	4843.8
Array y	3.6	89.70	26	8395.92
	5	89.70	2	897
	7.2	89.70	32	20666.88
Total berat balok induk lantai 3				53532.96

$$\begin{aligned} \text{-Berat balok} &= L \times \sum \text{balok} \times w \\ \text{dimana, } L &= \text{Panjang bentang balok} \\ \sum &= \text{Jumlah balok} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (\sum)	Berat Kg
Arah x	3.6	36.70	28	3699.36
	10.8	36.70	1	396.36
Total berat balok anak lantai 3				4095.72

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Kolom} &= H \times \sum \text{kolom} \times w \\ \text{dimana, } H &= \text{Tinggi Kolom} \\ \sum &= \text{Jumlah Kolom} \\ w &= \text{Berat profil baja} \end{aligned}$$

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, \sum (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.00	76	307.9	46800.8
Bawah	1.50	76	307.9	35100.60
Total berat kolom lantai 3				81901.4

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{-Berat Dinding} &= H \times L \times \text{Berat dinding 1/2 batu} \\ \text{dimana, } H &= \text{tinggi dinding (m)} \\ \text{Berat dinding} &= \text{dinding 1/2 batu per m}^2 \\ L &= \text{Panjang bentang dinding} \end{aligned}$$

Dinding	Arah	H m	Panjang L (m)	B.Bata kg/m ²	Berat kg
Atas	Arah x	2.00	216	250	108000
	Arah y	2.00	182.8	250	91400
Bawah	Arah x	1.50	216	250	81000
	Arah y	1.50	182.8	250	68550
Total Berat dinding lantai 3					348950
90%					314055

Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan

Berat total baja = Berat kolom + berat balok + balok anak
= 81901 + 53532.96 + 4095.72
= 139530.08 Kg

Berat sambungan = 10 % x 139530.08
= 13953.0 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk lantai 3, yakni :

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat lantai	451532.16
Berat balok induk	53532.96
Berat balok anak	4095.72
Berat kolom	81901.40
Berat dinding	314055.00
Berat sambungan	13953.01
Total berat ($\sum w$ dead)	919070.25

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

-Koefisien reduksi = 0.3

-Beban plat lantai 3 = Luas lantai 3 x beban guna x koef. Reduksi
= $997.2 \text{ m}^2 \times 195.771 \text{ kg/m}^2 \times 0.3$

-Total beban hidup = **58567 kg**

Maka total beban yang terjadi pada lantai 3 adalah :

$$\begin{aligned}\Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 919070.2 \text{ kg} + 58566.9 \text{ kg}\end{aligned}$$

Berat total lantai 3 = **977637.10 kg**

6. Berat struktur lantai 2

a. Beban Mati

Diketahui :

- Tebal plat = 12 cm = 0.12 m

- Berat jenis Beton bertulang = 2400 kg/m^3

-Berat plat = Tebal plat x Berat jenis beton bertulang
= $0.12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$
= **288 kg/m²**

Diketahui :

- Tebal adukan = 3 cm

- Berat jenis adukan = 21 kg/m^2 per cm tebal

-Berat spesi/adukan = Tebal adukan x berat jenis adukan
= $3 \text{ cm} \times 21 \text{ kg/m}^2$
= **63 kg/m²**

Maka berat total lantai 2 / m² adalah :

- Berat sendiri plat = 288 kg/m^2

-Berat tegel keramik = 16.8 kg/m^2

-Berat urugan pasir = 32 kg/m^2

- Berat plafond	=	11 kg/m ²
-Berat penggantung	=	7 kg/m ²
-Berat equipment	=	35 kg/m ²
-Berat spesi/adukan	=	63 kg/m ²
Berat total / m ²	=	453 kg/m²

Diketahui :

- Panjang gedung	=	54 m
- Lebar gedung	=	18 m
-Luas sisi luar gedung	=	((10.8x3.6)+(3.6x3.6)+(3.6x3.6)+(7.2x3.6
	=	+(7.2x3.6)-(2.6x3.6)-(5.7x3.6)-(5.7x10.8))
	=	25.2 m ²

-Luas lantai 2	=	Panjang gedung x lebar gedung + sisi luar gedung
	=	54 m x 18 m + 25.2 m ²
	=	997.2 m²

Jadi :

-Berat lantai 2	=	Luas lantai 2 x Berat lantai / m ²
	=	997 m ² x 453 kg/m ²
	=	451532 kg

Diketahui :

-Berat balok	=	L x \sum balok x w
dimana, L	=	Panjang bentang balok
\sum	=	Jumlah balok
w	=	Berat profil baja

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (Σ)	Berat Kg
Arah x	3.6	89.70	54	17437.68
	7.2	89.70	2	1291.68
	10.8	89.70	5	4843.8
Array y	3.6	89.70	26	8395.92
	5	89.70	2	897
	7.2	89.70	32	20666.88
Total berat balok induk lantai 2				53532.96

$$\text{-Berat balok} = L \times \Sigma \text{ balok} \times w$$

$$\text{dimana, } L = \text{Panjang bentang balok}$$

$$\Sigma = \text{Jumlah balok}$$

$$w = \text{Berat profil baja}$$

Balok	Panjang bentang (L) m	Berat baja (w) Kg/m	Jumlah balok (Σ)	Berat Kg
Arah x	3.6	36.70	28	3699.36
Array y	10.8	36.70	1	396.36
Total berat balok anak lantai 2				4095.72

Diketahui :

$$\text{-Berat Kolom} = H \times \Sigma \text{ kolom} \times w$$

$$\text{dimana, } H = \text{Tinggi Kolom}$$

$$\Sigma = \text{Jumlah Kolom}$$

$$w = \text{Berat profil baja}$$

Kolom	Tinggi, H (m)	Jumlah, Σ (buah)	Berat Profil (kg/m)	Berat Kolom (Kg)
Atas	2.00	76	307.9	46800.8
Bawah	3.50	76	307.9	81901.40
Total berat kolom lantai 2				128702.2

Diketahui :

-Berat Dinding = $H \times L \times \text{Berat dinding } 1/2 \text{ batu}$

dimana, H = tinggi dinding (m)

Berat dinding = dinding 1/2 batu per m^2

L = Panjang bentang dinding

Dinding	Arah	H m	Panjang L (m)	B.Bata kg/m ²	Berat kg
Atas	Arah x	2.00	226.8	250	113400
	Arah y	2.00	179.3	250	89650
Bawah	Arah x	3.50	226.8	250	198450
	Arah y	3.50	179.3	250	156887.5
Total Berat dinding lantai 2					558387.5
90%					502548.75

Berat sambungan = 10 % x berat total baja yg digunakan

Berat total baja = Berat kolom + berat balok + balok anak

= 128702 + 53532.96 + 4095.72

= 186330.88 Kg

Berat sambungan = 10 % x 186330.88

= 18633.1 Kg

Dengan demikian, total berat beban mati untuk lantai 2, yakni :

Keterangan	Berat (w) dalam satuan kg
Berat plat lantai	451532.16
Berat balok induk	53532.96
Berat balok anak	4095.72
Berat kolom	128702.20
Berat dinding	502548.75
Berat sambungan	18633.09
Total berat ($\sum w_{dead}$)	1159044.88

b. Beban Hidup (W_{live})

Diketahui :

$$\text{-Koefisien reduksi} = 0.3$$

$$\begin{aligned} \text{-Beban plat lantai 2} &= \text{Luas lantai 2} \times \text{beban guna} \times \text{koef. Reduksi} \\ &= 997.2 \text{ m}^2 \times 195.771 \text{ kg/m}^2 \times 0.3 \end{aligned}$$

$$\text{-Total beban hidup} = \mathbf{58567 \text{ kg}}$$

Maka total beban yang terjadi pada lantai 2 adalah :

$$\begin{aligned} \sum W &= W_{dead} + W_{live} \\ &= 1159044.88 \text{ kg} + 58566.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

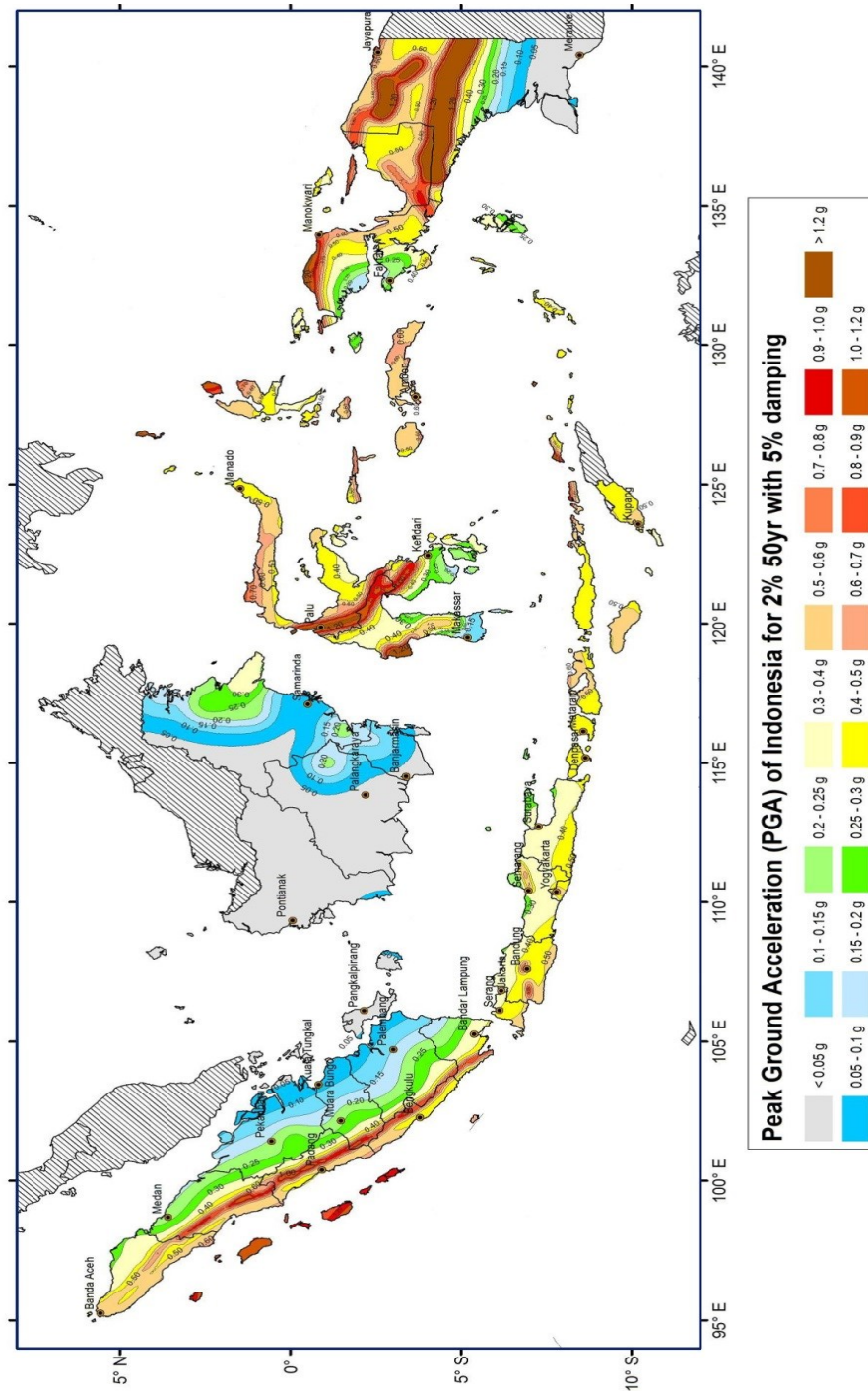
$$\text{Berat total lantai 2} = \mathbf{1217611.73 \text{ kg}}$$

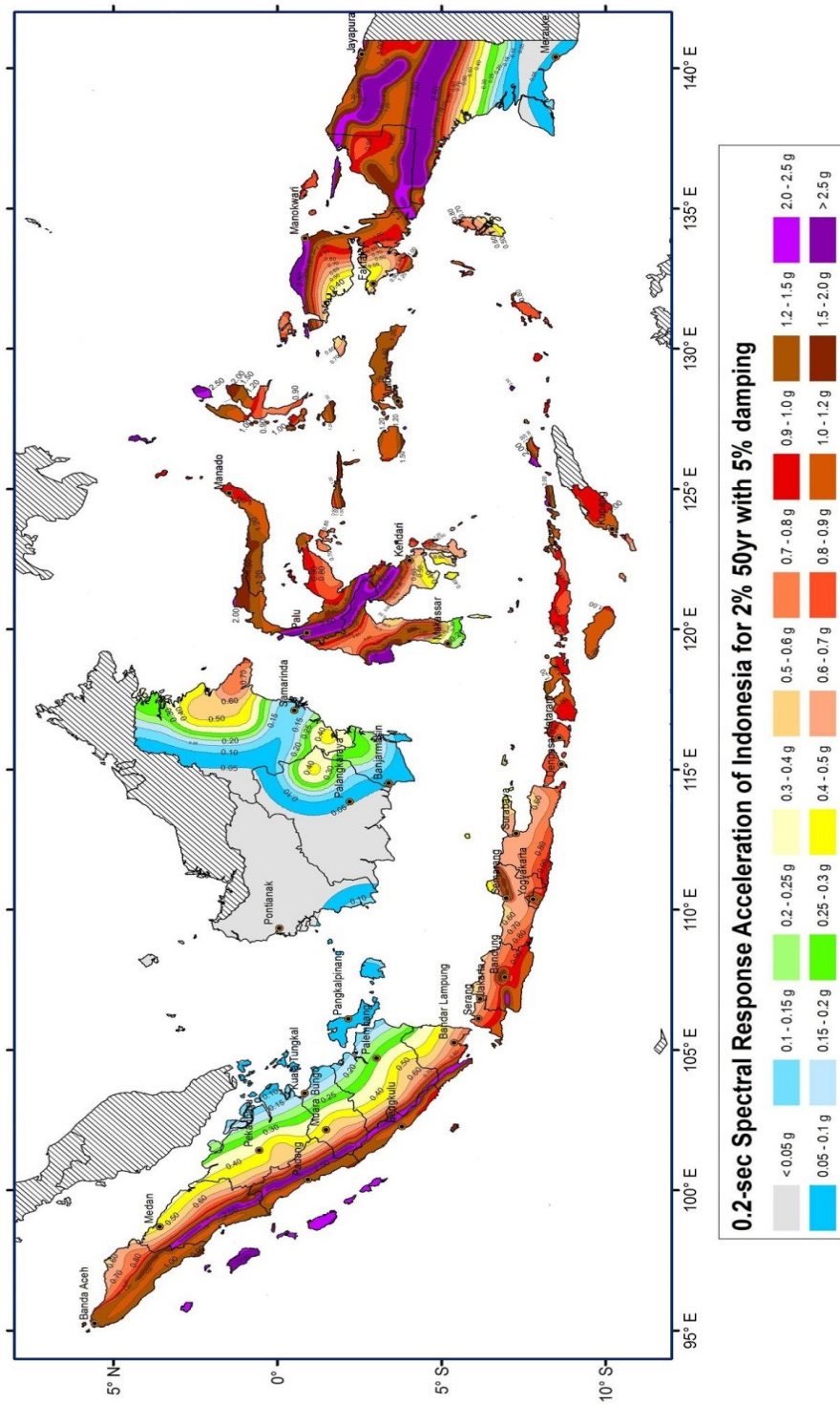
Dengan demikian, total berat struktur untuk masing-masing lantai yakni :

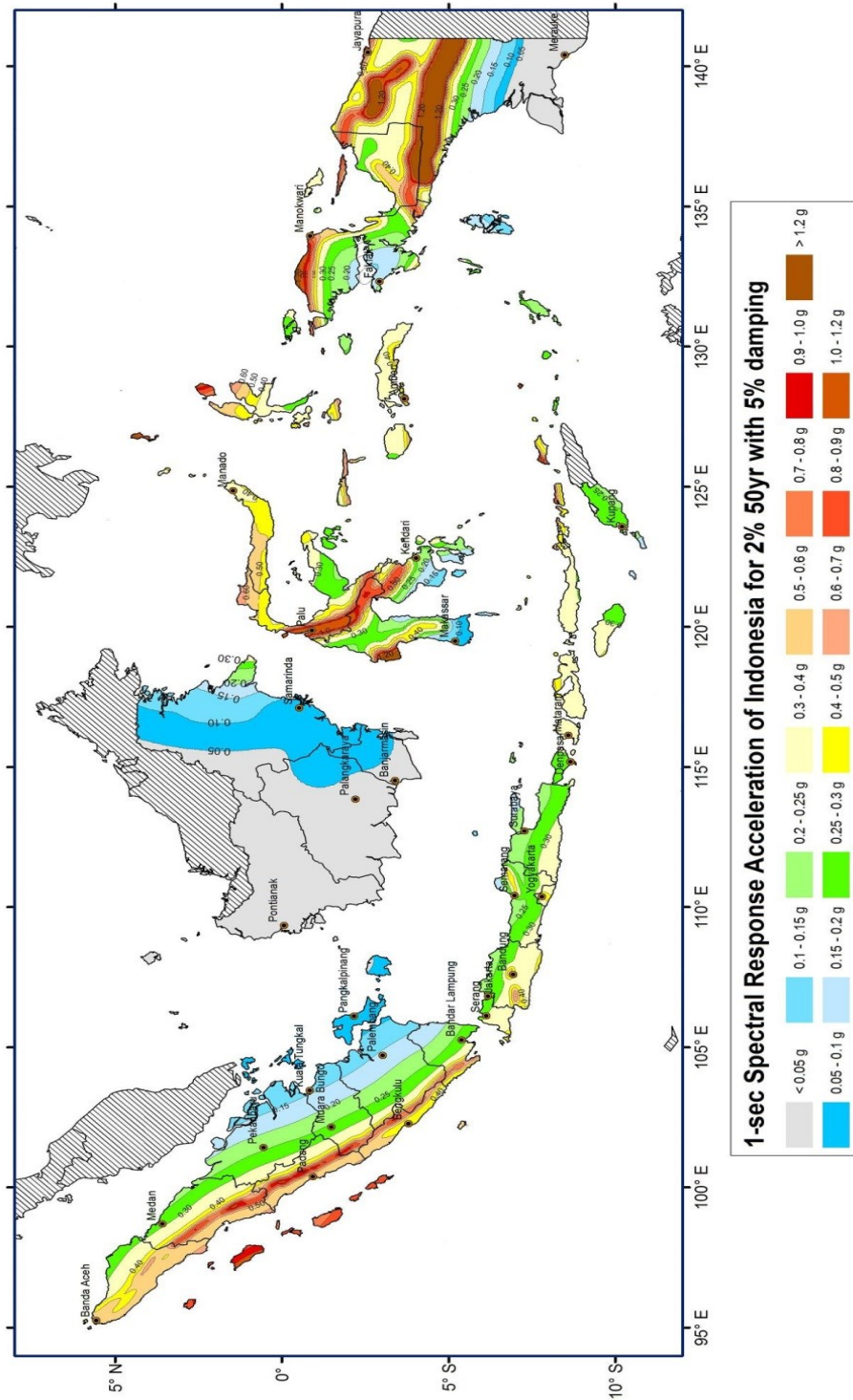
Lantai	Berat kg
Lantai 7	1373600.39
Lantai 6	1019292.41
Lantai 5	1017717.41
Lantai 4	1015253.66
Lantai 3	977637.10
Lantai 2	1217611.73
Total berat struktur	6621112.71

3.4 Beban Gempa

3.4.1 Peta Zonasi Gempa Indonesia

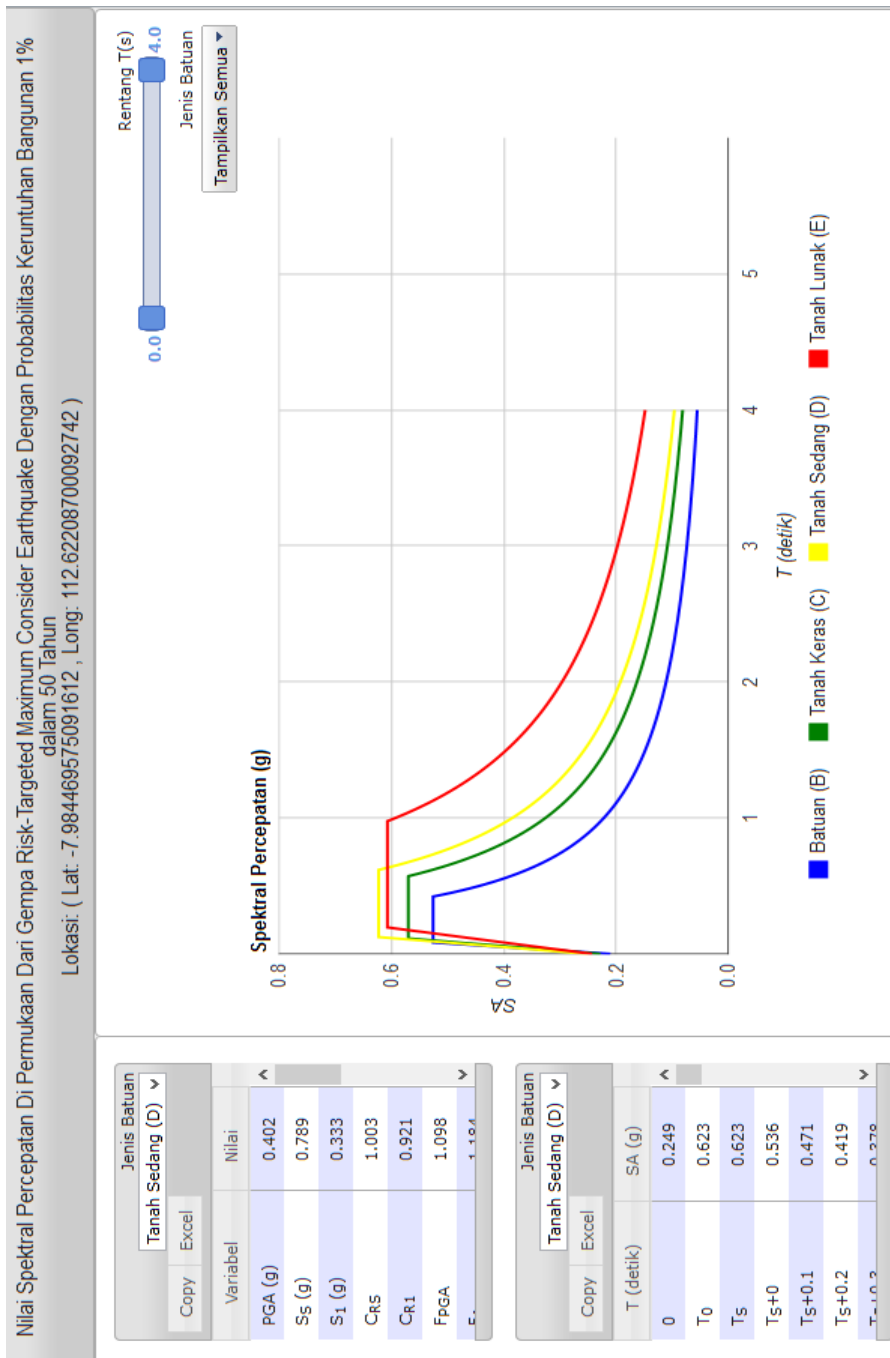






3.4.2 Menentukan Nilai S_S dan S_I

- Lokasi Gedung = Malang
- Data didapat dari = Puskim.Pu.Co. Id



- Maka didapat data :

$$S_s \sim 0.789 \text{ g}$$

$$S_1 \sim 0.333 \text{ g}$$

3.4.3 Menentukan Kategori Resiko bangunan dan faktor Keutamaan I_e

Tabel 3.4.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Lanjutan Tabel Diatas

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 15 dari 138)

Tabel 3.4.2 : Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 15 dari 138)

3.4.4 Menentukan Kategori Design Seismik (KDS)

Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Tabel 3.4.3 : Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{v}_z (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, dan 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25 kPa$ 			

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1) Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m), - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$), - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa.
---	---

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 16 dari 138)

Tabel 3.4.4 Klasifikasi Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	S_s 0,25	S_s 0,5	S_s 0,75	S_s 1,0	S_s 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 3.4.5 : Klasifikasi Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	S_1 0,1	S_1 0,2	S_1 0,3	S_1 0,4	S_1 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Maka dari Hasil Interpolasi diatas didapat :

$$\text{Untuk } S_s = 0.789 \text{ g}$$

$$\text{Untuk } S_1 = 0.333 \text{ g}$$

Melalui Interpolasi Didapat :

Untuk nilai S_s 0.789 g berada diantara nilai

$$\begin{aligned} S_s &= 1.000 & F_a &= 1.100 \\ S_s &= 0.750 & F_a &= 1.200 \\ S_s &= 0.789 & F_a &= \dots\dots\dots? \end{aligned}$$

Maka untuk mendapatkan nilai F_a dari S_s harus di interpolasi terlebih dahulu sebagai berikut :

$$F_a = 1.100 + \left[\frac{0.789 - 1.000}{0.750 - 1.000} \right] \times 1.200 - 1.100 = 1.184$$

$$S_1 = 0.333 \text{ g}$$

Melalui Interpolasi Didapat :

Untuk nilai S_s 0.333 g berada diantara nilai

$$\begin{aligned} S_1 &= 0.400 & F_v &= 1.600 \\ S_1 &= 0.300 & F_v &= 1.800 \\ S_1 &= 0.333 & F_v &= \dots\dots\dots? \end{aligned}$$

Maka untuk mendapatkan nilai F_v dari S_1 harus di interpolasi terlebih dahulu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_v &= 1.600 + \left[\frac{0.333 - 0.400}{0.300 - 0.400} \right] \times 1.800 - 1.600 \\ &= 1.734 \end{aligned}$$

Menentukan Nilai S_{DS} dan S_{DI}

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 \times F_a \times S_s \\ &= 0.66667 \times 1.184 \times 0.789 \\ &= 0.623 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{DI} &= 2/3 \times F_v \times S_1 \\ &= 0.66667 \times 1.734 \times 0.333 \\ &= 0.385 \text{ g} \end{aligned}$$

Tabel 3.4.6 : Kategori Design Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

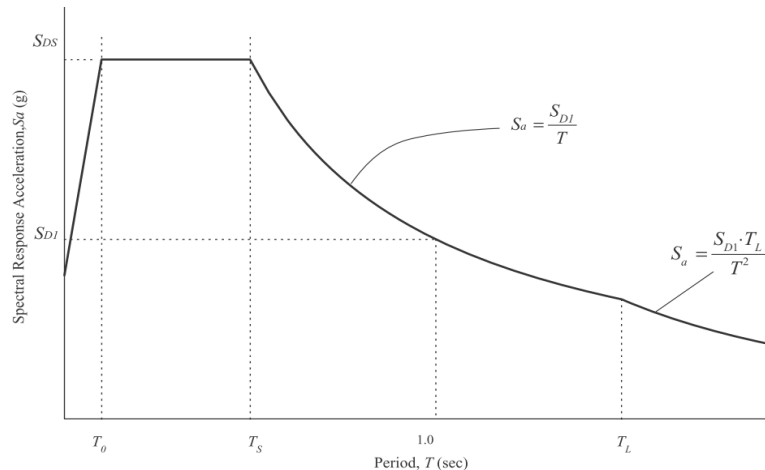
Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

$$S_{DS} = 0.623 \text{ g}$$

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 25 dari 138)

Kesimpulan Jenis tanah yang berada di Kota Malang adalah Tanah Sedang dengan Kategori D.

3.4.5 Membuat Spectrum Respons Design



$$\begin{aligned} T_0 &= 0,2 \times (S_{D1}/S_{DS}) \\ &= 0,2 \times \frac{1.100}{0.623} \\ &= \mathbf{0.353 \text{ Detik}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= S_{D1}/S_{DS} \\ &= \frac{1.100}{0.623} \\ &= \mathbf{1.766 \text{ Detik}} \end{aligned}$$

3.4.6. Menentukan Perkiraan Periode Fundamental Alami

untuk struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m.

$$\boxed{T_a = 0,1 N} \rightarrow N = \text{Jumlah Tingkat}$$

Untuk Struktur dengan Ketinggian > 12 Tingkat :

$$T_a = C_t h_n^x$$

Dimana :

h_n = Ketinggian struktur dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur dan Koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel

Batas periode maksimum.

$$T_{max} = C_u \cdot T_a$$

Tabel 3.4.7 : Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 56 dari 138)

$$S_{D1} = 0.385 \text{ g} \quad \text{Maka Koefisien } C_u = 1.4$$

Tabel 3.4.8: Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sumber : SNI 03-1726-2012 (Hal : 56 dari 138)

Tipe Struktur penahan gaya lateral arah X dan arah Z adalah Rangka Baja Pemikul Momen.

$$T_a = 0,1 \text{ N}$$

Arah X - (rangka baja pemikul momen)

$$C_t = 0.0724$$

$$h_n = 30.000 \text{ m}$$

$$x = 0.8$$

Maka :

$$T_a = 0.1 \times 8.000$$

$$= 0.800 \text{ Detik}$$

$$T_{max} = C_u \cdot T_a$$

$$T_{max1} = 1.4 \times 0.800$$

$$= 1.120 \text{ Detik}$$

Arah Z - (rangka baja pemikul momen)

$$C_t = 0.0724$$

$$h_n = 30.000 \text{ m}$$

$$x = 0.8$$

Maka :

$$T_a = 0.1 \times 8.000$$

$$= 0.800 \text{ Detik}$$

$$T_{max2} = 1.4 \times 0.800$$

$$= 1.120 \text{ Detik}$$

3.4.7 Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen (ELF)

Kontrol :

$$\begin{aligned} T_s &= S_{DI}/S_{DS} \\ &= 0.6179 \end{aligned}$$

$$S_{DS} = 0.623 \text{ g}$$

$$S_{DI} = 0.385 \text{ g}$$

$$3,5 T_s = 2.16265$$

$T < 3.5 T_s$, Sehingga digunakan prosedur analisa gempa statik

3.4.8 Menentukan faktor R , C_d dan Ω_0

Tabel 3.4.9 : Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, g_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan				
				tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Dari Tabel diatas maka di dapat nilai Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya dengan menggunakan rangka beton bertulang pemikul momen khusus Sebagai Berikut :

$$R = 8.00$$

$$C_d = 5.50$$

$$\Omega_0 = 3.00$$

3.4. 9 Menghitung Nilai Base Shear

$$V = C_s \cdot W \quad \text{-----> Pasal 7.8.1 SNI 1726-2012}$$

Keterangan :

C_s = Koefisien Respons Seismik

W = Berat Seismik Efektif

Koefisien respons seismik C_s -----> Pasal 7.8.1 SNI 1726-2012

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I_e)}$$

Nilai C_s yang dihitung tidak perlu melebihi berikut ini :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)}$$

C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} \quad I_e \geq 0,01$$

Untuk $S_1 \geq 0,6$ g, nilai C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = \frac{0,5 \times S_1}{(R/I_e)}$$

$$S_1 = 0.333 \text{ g}$$

$$V = C_s \cdot W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} = \frac{0.623 \text{ g}}{8.00 \times 1.50} = 0.11681$$

$$C_{s \text{ Maks}} = \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)} = \frac{0.385}{1.120 \times 5.33} = 0.06444$$

$$C_{s \text{ Min}} = \frac{0,5 \times S_1}{(R/I_e)} = \frac{0.5 \times 0.333}{5.33} = 0.03122$$

$$C_{sx} = \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)} = \frac{0.385}{1.120 \times 5.33} = 0.06444$$

$$C_{sy} = \frac{S_{D1}}{T \times (R/I_e)} = \frac{0.385}{1.120 \times 5.33} = 0.06444$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 C_{S \min} &= 0.044 \times S_{DS} \times 1.00 \\
 &= 0.044 \times 0.623 \times 1.00 \\
 &= 0.0274118 \geq 0.01 \longrightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kesimpulan :

Nilai C_S yang dipakai adalah = 0.03122

Maka Nilai V_x dan V_z adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_x &= C_S \cdot W \\
 &= 0.0312 \times 6621112.71 \\
 &= 206702.862 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_z &= C_S \cdot W \\
 &= 0.0312 \times 6621112.71 \\
 &= 206702.862 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

3.4.10 Menghitung Gaya Gempa lateral F_x

$$F_x = C_{vx} \cdot V \longrightarrow \text{Pasal 7.8.3 SNI 1726-2012}$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^K}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^K}$$

Dimana :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral design total atau geser di dasar struktur

W_i & W_x = Bagian berat seismik sfektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i & h_x = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

K = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :
Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang , $K = 1$

Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5 detik atau lebih , $K = 2$

Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

$$T_x = 1.120 \text{ Detik}$$

Melalui Interpolasi Didapat :

Untuk nilai S_s 1.120 g berada diantara nilai

$$\begin{array}{ll} T_x = 0.500 & K_x = 1.000 \\ T_x = 2.500 & K_x = 2.000 \\ T_x = 1.120 & K_x = \dots\dots\dots? \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Maka untuk mendapatkan nilai } K \\ \text{dari } T_x \text{ harus di interpolasi terlebih} \\ \text{dahulu sebagai berikut :} \end{array}$$

$$K_x = 1.000 + \left[\frac{1.120 - 0.500}{2.500 - 0.500} \right] \times 2.000 - 1.000$$

$$= 1.310$$

$$T_y = 1.120 \text{ Detik}$$

Melalui Interpolasi Didapat :

Untuk nilai S_s 1.120 g berada diantara nilai

$$\begin{array}{ll} T_y = 0.500 & K_y = 1.000 \\ T_y = 2.500 & K_y = 2.000 \\ T_y = 1.120 & K_y = \dots\dots\dots? \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Maka untuk mendapatkan nilai } K \\ \text{dari } T_z \text{ harus di interpolasi terlebih} \\ \text{dahulu sebagai berikut :} \end{array}$$

$$K_z = 1.000 + \left[\frac{1.120 - 0.500}{2.500 - 0.500} \right] \times 2.000 - 1.000$$

$$= 1.310$$

$$V_x = 206702.862 \text{ Kg} = 206.703 \text{ Ton}$$

$$V_z = 206702.862 \text{ Kg} = 206.703 \text{ Ton}$$

Gaya Gempa Lateral

Lantai	Weight (Wi) Kg	Tinggi (hi) m	$W_i \times h_i^{K_x}$	$W_i \times h_i^{K_z}$	F_x (kg)	F_z (kg)
Lantai 7	1373600.4	24.0	88295207	88295207	78345.45	78345.45
Lantai 6	1019292.4	20.0	51599808	51599808	45785.16	45785.16
Lantai 5	1017717.4	16.0	38461337	38461337	34127.23	34127.23
Lantai 4	1015253.7	14.0	32210858	32210858	28581.10	28581.10
Lantai 3	977637.1	8.0	14901348	14901348	13222.15	13222.15
Lantai 2	1217611.7	4.0	7485269	7485269	6641.77	6641.77
Total	6621112.7		232953828	232953828	206702.86	206702.86

Hasil peninjauan beban Gempa

Lantai	Perhitungan beban gempa 100% yang di tinjau dan 30 % arah tegak lurus			
	F_x (kg)	30 % F_x (kg)	F_z (kg)	30 % F_z (kg)
Lantai 7	78345.448	23503.635	78345.448	23503.635
Lantai 6	45785.159	13735.548	45785.159	13735.548
Lantai 5	34127.229	10238.169	34127.229	10238.169
Lantai 4	28581.099	8574.330	28581.099	8574.330
Lantai 3	13222.154	3966.646	13222.154	3966.646
Lantai 2	6641.773	1992.532	6641.773	1992.532
Total	206702.862	62010.859	206702.86	62010.86

3.5 Eksentrisitas Rencana (e_d)

SNI gempa 1726-2002 pasal 5.4.3 menyebutkan bahwa : antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_d . Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan dengan 'b', maka eksentrisitas rencana e_d harus ditentukan sebagai berikut :

- untuk $0 < e \leq 0.3 b$, maka $e_d = 1.5 e + 0.05 b$
- untuk $e > 0.3 b$, maka $e_d = 1.33 e + 0.1 b$
- Koordinat pusat massa akibat eksentrisitas

b = lebar bangunan = 18.0 m

Lantai	Pusat massa		Pusat rotasi		$e_d = 1.5e + 0.05b$		Koor. Pusat massa akibat eksentrisitas	
	X (m)	Z (m)	X (m)	Z (m)	X (m)	Z (m)	X (m)	Z (m)
2	26.977	8.869	26.977	8.869	0.9	0.9	27.877	9.769
3	26.977	8.869	26.977	8.869	0.9	0.9	27.877	9.769
4	26.973	9.079	26.973	9.079	0.9	0.9	27.873	9.979
5	26.973	9.079	26.973	9.079	0.9	0.9	27.873	9.979
6	27.008	9.022	27.008	9.022	0.9	0.9	27.908	9.922
7	26.995	8.911	26.995	8.911	0.9	0.9	27.895	9.811

3.6 Pengaruh Beban Gempa (*SNI 1726: 2012, Pasal 7.4.2*)

$$1. E = E_h + E_v$$

$$2. E_h = \rho \times Q_E$$

Q_E = adalah pengaruh gaya gempa horizontal dari V atau F_p .

$$\rho = 1.3 \left[\text{adalah faktor redudansi, (Pasal 7.3.4)} \right]$$

$$3. E_v = 0.2 S_{DS} D$$

S_{DS} = percepatan spektrum respons desain perioda pendek
(*Pasal 6.10.4*)

D = pengaruh beban mati

Kombinasi

$$1. 1.4 D$$

$$2. 1.2 D + 1.6 L$$

$$3. \left[1.2 + 0.2 (0.623) \right] D \pm \rho Q_{EX} \pm 0.3 \rho Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D + 1.300 Q_{EX} + 0.390 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D + 1.300 Q_{EX} - 0.390 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D - 1.300 Q_{EX} + 0.390 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D - 1.300 Q_{EX} - 0.390 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D + 0.390 Q_{EX} + 1.300 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D + 0.390 Q_{EX} - 1.300 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D - 0.390 Q_{EX} + 1.300 Q_{EZ} + L$$

$$1.325 D - 0.390 Q_{EX} - 1.300 Q_{EZ} + L$$

$$4. \left[0.9 - 0.2 (0.623) \right] D \pm \rho Q_{EX} \pm 0.3 \rho Q_{EZ}$$

$$0.775 D + 1.300 Q_{EX} + 0.390 Q_{EZ}$$

$$0.775 D + 1.300 Q_{EX} - 0.390 Q_{EZ}$$

$$0.775 D - 1.300 Q_{EX} + 0.390 Q_{EZ}$$

$$0.775 D - 1.300 Q_{EX} - 0.390 Q_{EZ}$$

$$0.775 \text{ D} + 0.390 \text{ Q}_{\text{EX}} + 1.300 \text{ Q}_{\text{EZ}}$$

$$0.775 \text{ D} + 0.390 \text{ Q}_{\text{EX}} - 1.300 \text{ Q}_{\text{EZ}}$$

$$0.775 \text{ D} - 0.390 \text{ Q}_{\text{EX}} + 1.300 \text{ Q}_{\text{EZ}}$$

$$0.775 \text{ D} - 0.390 \text{ Q}_{\text{EX}} - 1.300 \text{ Q}_{\text{EZ}}$$

3.7 Kontrol Simpangan Antar Lantai / Drift (Δ)

3.7.1 Batasan Simpangan Antar Lantai Tingkat

SNI 1726-2012 pasal 7.12.1 hal 66 untuk simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai ijin (Δ_a) seperti didapatkan dari tabel 4.11 untuk semua tingkat.

Tabel 4.11 Simpangan antar lantai ijin, (Δ_a)

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^a	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1.

3.7.2 Simpangan Antar Lantai Tingkat Desain (Δ)

- Faktor keutamaan gempa (I_e) = 1.5 (kategori IV)

- Faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5.5 (SNI 1726-2012; Tabel 9;C.9)

Defleksi arah X (Tingkat 2) SNI 1926-2012 pasal 7.9.3

Lantai 2 = $\delta_{e1} = 1.569$ mm
(Drift total dari output Staad Pro)

Lantai 3 = $\delta_{e2} = 3.413$ mm

Simpangan atau perpindahan antar lantai tingkat yaitu dengan

persamaan : $\delta_{e3} - \delta_{e2} = 3.413 - 1.569 = 1.844$ mm

$$\Delta_2 = \frac{C_d \times (\delta_{e3} - \delta_{e2})}{I_e} = \frac{5.5 \times 1.844}{1.50} = 6.761 \text{ mm}$$

$$\Delta_a = 0.01 \times h$$

$$= 0.01 \times 4000$$

$$= 40 \geq \Delta_2 = 6.761 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{Aman}$$

Defleksi arah Y (Tingkat 2)

Lantai 2 = $\delta_{e2} = 2.959 \text{ mm}$
(Drift total dari output Staad Pro)

Lantai 3 = $\delta_{e3} = 7.377 \text{ mm}$

Simpangan atau perpindahan antar lantai tingkat yaitu dengan

persamaan : $\delta_{e3} - \delta_{e2} = 7.377 - 2.959 = 4.418 \text{ mm}$

$$\Delta_2 = \frac{C_d \times (\delta_{e3} - \delta_{e2})}{I_e} = \frac{5.5 \times 4.418}{1.50} = 16.2 \text{ mm}$$

$$\Delta_a = 0.01 \times h$$

$$= 0.01 \times 4000$$

$$= 40 \geq \Delta_2 = 16.2 \text{ mm} \dots \dots \dots \text{Aman}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel :

Lantai	Drift Total		Simpangan anatar lantai (Δ)		Tinggi lantai	Simpangan antar lantai yang di izinkan		
	δ_{ex}	δ_{ez}	Δx	Δz		(Δ_a)	$\Delta \leq \Delta_a$	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	$\Delta x \leq \Delta_a$	$\Delta y \leq \Delta_a$
2	1.569	2.959	5.753	10.85	4000	40	Aman	Aman
3	3.41	7.377	6.761	16.2	4000	40	Aman	Aman
4	5.15	11.67	6.365	15.73	4000	40	Aman	Aman
5	6.633	15.37	5.441	13.59	4000	40	Aman	Aman
6	7.793	18.32	4.253	10.81	4000	40	Aman	Aman
7	8.517	20.26	2.655	7.117	4000	40	Aman	Aman

BAB IV

ANALISA PERENCANAAN

4.1 Perhitungan Penampang Balok Komposit

4.1.1 Perhitungan Balok Induk Panjang 10.8 m

Hasil Output dari program Staad Pro dari kombinasi 2

Balok interior no .1566,1390,1230.

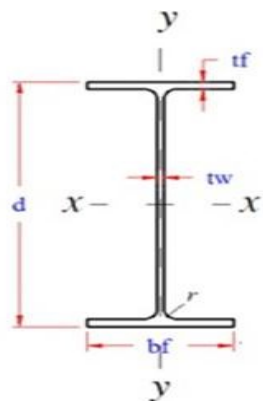
$$M_{u(+)} = 22299.9 \text{ kgm}$$

$$M_{u(-)} = 35638.2 \text{ kgm}$$

$$V_u = 17250.542 \text{ kg}$$

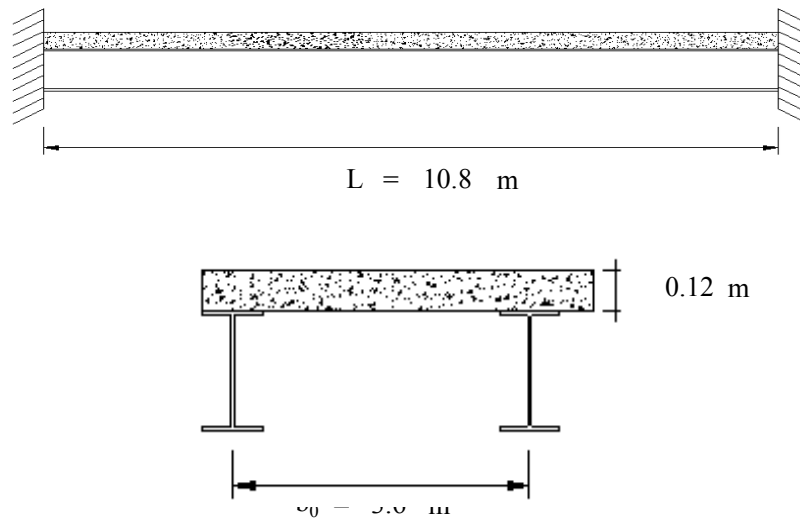
- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Tegangan putus (f_u) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton (f_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f_c}$
 $: 4700 \sqrt{25}$
 $: 23500 \text{ MPa}$

Digunakan profil baja WF 500 x 200 x 10 x 16



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 500 \text{ mm}$	$I_x = 47800 \text{ cm}^4$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$I_y = 2140 \text{ cm}^4$
$t_w = 10 \text{ mm}$	$i_x = 20.5 \text{ cm}$
$t_f = 16 \text{ mm}$	$i_y = 4.33 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 1910 \text{ cm}^3$
$A_g = 114.2 \text{ cm}^2$	$S_y = 214 \text{ cm}^3$
$w = 89.7 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2096.4 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 331.7 \text{ cm}^3$



- Lebar Efektif balok komposit

Panjang Balok (L) = 1080 cm

- Untuk balok Eksterior

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{1080}{4} = 270 \text{ cm}$$

$$b_0 = 3.6 \text{ m} = 360 \text{ cm}$$

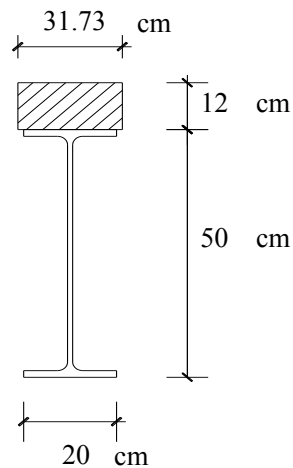
diambil yang terkecil, maka $b_e = 270 \text{ cm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{270}{8.511} = 31.73 \text{ cm}$$

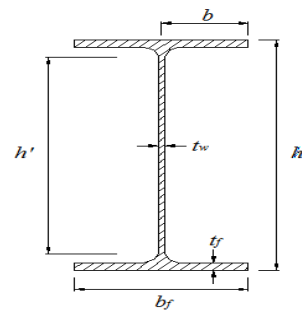
Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius

sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h' &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 500 - 16 - (2 \cdot 20) \\ &= 444 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

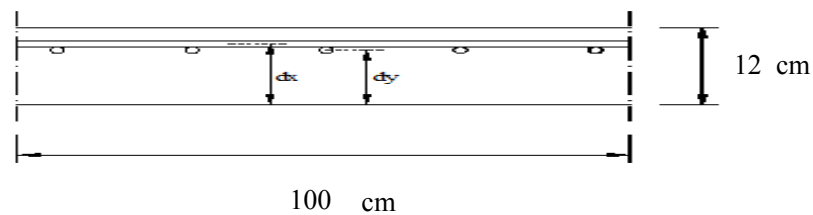
$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{b}{t_f} = \frac{100}{16} = 6.25 < \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.97 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \lambda_w &= \frac{h'}{t_w} = \frac{444}{10} = 44.4 < \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.54 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

A. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Negatif)

- Perhitungan penulangan
- Perhitungan tinggi efektif pelat lantai



Tebal selimut beton (p) = 20 mm

Ø Tulangan utama = 10 mm

tebal plat lantai (h) = 120 mm

- Tinggi efektif (d) arah x :

$$\begin{aligned} d_x &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 \\ &= 95.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) arah y :

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} - \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 - 10 \\ &= 85.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Perhitungan momen pada pelat lantai

$$= \frac{L_y}{L_x} = \frac{3.6}{3.6} = 1.00 \quad (\text{Maka digunakan Pelat Dua Arah})$$

Beban terfaktor:

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L \\ &= 1.2 \cdot 453 + 1.6 \cdot 196 \\ &= 856.59 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dengan mengetahui nilai L_y/L_x maka dapat ditentukan nilai M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} , M_{ty} sesuai PBI 1971 hal 202 (plat terjepit penuh), yaitu:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 856.59 \cdot 3.6^2 \cdot 36 \\ &= -400 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 856.59 \cdot 3.6^2 \cdot 36 \\ &= -400 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan arah x (penulangan tumpuan M_{tx})

diketahui:

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 95.0 \text{ mm}$$

$$M_{tx} = 399.7 \text{ kg.m} = 3996523 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen nominal} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{3996523}{0.9} = 4440581.2 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[- \sqrt{ \frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2} } \right] \\ &= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95}{240} \left[- \sqrt{ \frac{2 \cdot 4440581.2}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2} } \right] \end{aligned}$$

$$= 8411.5 \cdot \left[1 - 0.97657 \right]$$

$$= 8411.5 \cdot 0.02343$$

$$= 197.07 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.002 \cdot b \cdot h$$

$$= 0.002 \cdot 1000 \cdot 120$$

$$= 240 \text{ mm}^2$$

$$\beta_1 = 0.85 \rightarrow f_c' = < 28 \text{ MPa}$$

$$f_c = 25 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 = 0.85 - \frac{(25 - 28) \cdot 0.05}{7}$$

$$= 0.87$$

$$A_{s \text{ max}} = 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d$$

$$= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.87}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 95$$

$$= 3830.2 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 197.07 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ min}} = 240 \text{ mm}^2$$

$$< A_{s \text{ max}} = 3830.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka digunakan tulangan } A_s = 197.07 \text{ mm}^2$$

$$\text{Direncanakan tulangan} = \emptyset 10$$

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{78.5 \cdot 1000}{197.07} = 398.3 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Kontrol:

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{78.5 \cdot 1000}{350} = 224.3 \text{ mm}^2 > 197 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

jadi, digunakan tulangan Ø 10 - 350 mm

Syarat jarak maksimum tulangan plat:

$$3h = 3 \cdot 120 = 360 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan tarik dalam lebar efektif Beton (b_e)

$$= \frac{2700}{350} = 7.71 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 8 \\ &= 78.5 \cdot 8 = 628.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned} C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 11420.0 \cdot 240 \\ &= 2740800.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned} T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 628.0 \cdot 240 \\ &= 150720.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena gaya tarik beton diabaikan, maka garis netral plastis berada di profil baja

Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

$$T_{sr} + T_s = C_{smax} - T_s$$

$$T_s = C_{smax} - T_s$$

$$T_s = 2740800.0 - 150720.0$$

$$T_s = 2590080.0$$

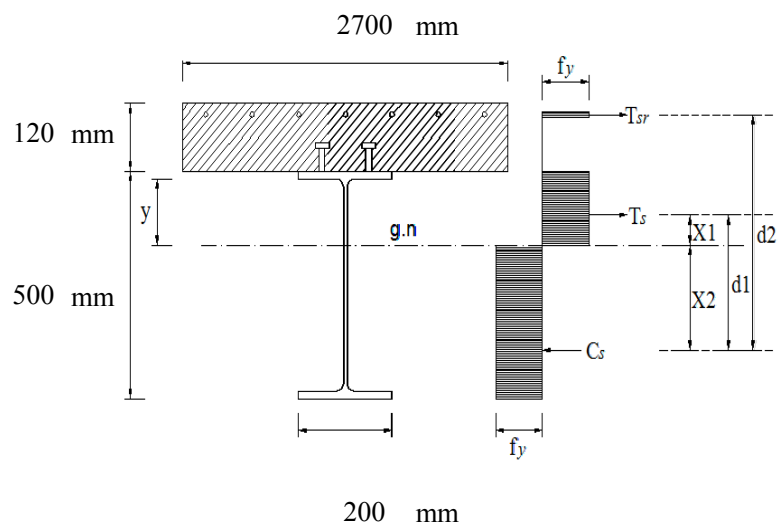
$$T_s = \frac{2590080.0}{2} = 1295040 \text{ N}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{1295040}{240 \cdot 200}$$

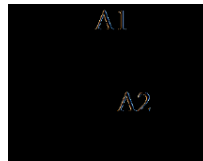
$$= 26.98 \text{ mm} > t_f = 16 \text{ mm}$$

maka garis netral jatuh di web baja



Mencari Luasan T_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 16 \\ &= 3200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= y \cdot 10 \\ &= 10 y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 3200 + 10 y \\ &= 10 y + 3200 \end{aligned}$$

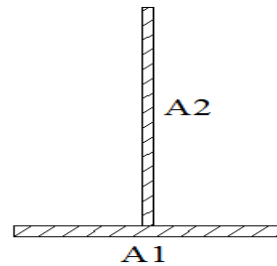
Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan C_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 16 \\ &= 3200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= ((d - 2 \cdot t_f) - y) \cdot t_w \\ &= ((500 - 2 \cdot 16) - y) \cdot 10 \\ &= (468 - y) \cdot 10 \\ &= 4680 - 10 y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= A_1 + A_2 \\ &= 3200 + 4680 - 10 y \\ &= 7880 - 10 y \end{aligned}$$



$$C_s = T_{sr} + T_s$$

$$(7880 - y) \cdot 240 = 150720 + (10 y + 3200 \cdot 240)$$

$$1891200 - 2400 y = 150720.0 + 2400 y + 768000$$

$$1891200 - 2400 y = 918720 + 2400 y$$

$$1891200 - 918720 = 2400 y + 2400 y$$

$$972480.0 = 4800 y$$

$$y = \frac{972480.0}{4800} = 202.60 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= (10 \cdot y + 3200) \cdot f_y \\ &= (10 \cdot 202.60 + 3200) \cdot 240 \\ &= 1254240.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot f_y \\ &= (7880 - 10 \cdot y) \cdot f_y \\ &= (7880 - 10 \cdot 202.60) \cdot 240 \\ &= 1404960 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol: $C_s = T_s + T_{sr}$

$$1404960 = 1254240.0 + 150720$$

$$1404960 = 1404960 \text{Ok!}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w & A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 202.60 \cdot 10 & &= 3200 + 2026.00 \\ &= 2026.00 \text{ mm}^2 & &= 5226.00 \text{ mm}^2 \\ Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f & Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\ &= 202.60 + \frac{1}{2} \cdot 16 & &= \frac{1}{2} \cdot 202.60 \\ &= 210.60 \text{ mm} & &= 101.30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka titik berat } C_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\ &= \frac{(3200 \cdot 210.6) + (2026.00 \cdot 101.30)}{3200 + 2026.00}\end{aligned}$$

$$X1 = 168.23 \text{ mm}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow C_s$$

$$\begin{aligned}A2 &= (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w \\ &= (500 - 2 \cdot 16 - 202.60) \cdot 10 \\ &= 2654 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y1 &= d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f) \\ &= (500 - 16 - 202.60 - (\frac{1}{2} \cdot 16)) \\ &= 273.40 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y2 &= \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y) \\ &= \frac{1}{2} \cdot (500 - (2 \cdot 16) - 202.60) \\ &= 132.70 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka titik berat } T_s &= \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2} \\ &= \frac{(3200 \cdot 273.4) + (2654.00 \cdot 132.7)}{3200 + 2654.0}\end{aligned}$$

$$X2 = 209.61 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned}d1 &= X1 + X2 \\ &= 168.23 + 209.61 \\ &= 377.84 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$d2 = X2 + y + t_f + d_x$$

$$\begin{aligned}
&= 209.61 + 202.60 + 16 + 95 \\
&= 523.21 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}
M_n &= T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2 \\
&= 1254240.0 \cdot 377.84 + 150720 \cdot 523.21 \\
&= 552758496.00 \text{ Nmm} \rightarrow 55275.85 \text{ kg}\cdot\text{m}
\end{aligned}$$

- Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 55275.85 \\
&= 49748.26 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$49748.26 > 35638.20 \quad \text{Ok}$$

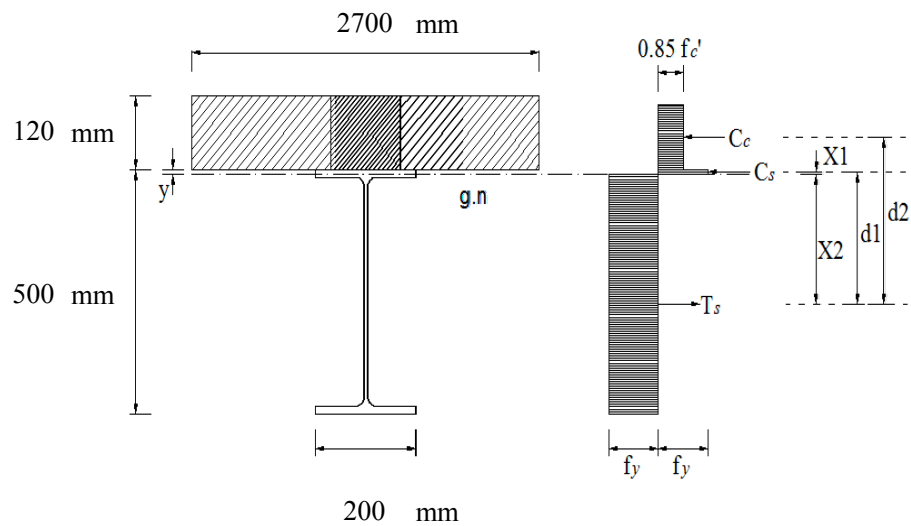
B. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Positif)

Mencari letak garis netral plastis, Sehingga:

$$\begin{aligned}
a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} \\
&= \frac{11420 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 2700} \\
&= 47.77 < t_s
\end{aligned}$$

$$a < t_s$$

47.77 < 120 Maka garis netral jatuh di Pelat



- Gaya tekan pada beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot t_s \cdot b_E \\
 &= 0.85 \cdot 25 \cdot 120 \cdot 2700.0 \\
 &= 6885000.00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tekan pada profil baja

Mencari Luasan C_s

$$\begin{aligned}
 A_l &= b_f \cdot y \\
 &= 200 \cdot y \\
 &= 200 \text{ y mm}^2
 \end{aligned}$$



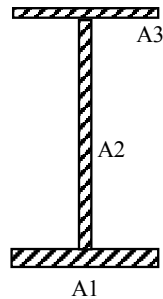
Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_y \\
 &= 200 \text{ y} \cdot f_y \\
 &= 200 \text{ y} \cdot 240 \\
 &= 48000 \text{ y}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik Pada Baja

Mencari luasan T_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 16 \\ &= 3200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_2 &= (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= (500 - 2 \cdot 16) \cdot 10 \\ &= 468 \cdot 10 \\ &= 4680 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} A_3 &= b_f \cdot t_f - y \\ &= 200 \cdot (16 - y) \\ &= 3200 - 200 y \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= A_1 + A_2 + A_3 \\ &= 3200 + 4680 + 3200 - 200 y \\ &= 11080 - 200 y \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned} T_s &= A_s' \cdot f_y \\ &= (11080 - 200 y) \cdot 240 \\ &= 2659200 - 48000 y \end{aligned}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$2659200 - 48000 y = 6885000.0 + 48000 y$$

$$2659200 - 6885000.0 = 48000 y + 48000 y$$

$$-4225800.0 = 96000 y$$

$$y = \frac{-4225800}{96000} = -44.02 \text{ mm}$$

Maka

$$\begin{aligned}
 C_s &= 48000 \cdot y & T_s &= 2659200 - 48000 \cdot y \\
 &= 48000 \cdot -44.02 & &= 2659200 - 48000 \cdot -44.02 \\
 &= -2112900 \text{ N} & &= 4772100 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol: $T_s = C_c + C_s$

$$\begin{aligned}
 4772100 &= 6885000.0 + -2112900.0 \\
 4772100 &= 4772100 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ C_s

$$\begin{aligned}
 A_1 &= t_f \cdot y & Y1 &= \frac{1}{2} \cdot y \\
 &= 16 \cdot -44.02 & &= \frac{1}{2} \cdot -44.02 \\
 &= -704.3 \text{ mm}^2 & &= -22.01 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka titik berat $C_s = Y1 = X1 = -22.01 \text{ mm}$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$$\begin{aligned}
 A_3 &= b_f \cdot t_f - y & Y1 &= d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - y \\
 &= 200 \cdot (16 - -44.0) & &= 500 - (\frac{1}{2} \cdot 16) - -44.02 \\
 &= 12004 \text{ mm}^2 & &= 536.0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Y2 &= \frac{1}{2} \cdot d - (2 \cdot t_f) & Y3 &= \frac{1}{2} \cdot t_f - y \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 500 - (2 \cdot 16) & &= \frac{1}{2} \cdot (16 - -44.0) \\
 &= 218.00 \text{ mm} & &= 30.009 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka titik berat T_s

$$\begin{aligned}
 X2 &= \frac{A1 \cdot Y1 + A2 \cdot Y2 + A3 \cdot Y3}{A1 + A2 + A3} \\
 &= \frac{(3200 \cdot 536.02) + (4680 \cdot 218.0) + (12004 \cdot 30.01)}{3200 + 4680 + 12004} \\
 &= 155.69 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned}
 d1 &= X1 + X2 \\
 &= -22.01 + 155.69 \\
 &= 133.68 \text{ mm} \\
 d2 &= X2 + y + \frac{1}{2} \cdot t_s \\
 &= 155.69 + -44.02 + \frac{1}{2} \cdot 120 \\
 &= 171.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \cdot d2 + C_s \cdot d1 \\
 &= 6885000.00 \cdot 171.67 + -2112900 \cdot 133.68 \\
 &= 899508523.1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 899508523.13 \\
 &= 809557670.81 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 80955.77 \text{ kg}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$80955.77 > 22299.90 \quad \text{Ok}$$

Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector* $\frac{1}{2}$ " x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned}V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\&= 0.85 \cdot 25 \cdot 2700 \cdot 120 \\&= 6885000.00 \text{ N}\end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned}V_h &= f_y \cdot A_s \\&= 240 \cdot 11420 \\&= 2740800.0 \text{ N}\end{aligned}$$

Maka digunakan $V_h = 2740800 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 16 = 40 \text{ mm} > \frac{1}{2}" = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned}Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\&= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\&= 48567.53 \text{ N} > 46889.31 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\Sigma Q_n = 46889.31 \text{ N}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 120 = 960 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2740800}{46889.31} = 58.453 \approx 59 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 59 stud untuk ½ bentang balok, atau 118 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{10800.0}{118 / 2} = 183 \text{ mm} < 960 \text{ mm} \text{ (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 183 mm

Menghitung Kuat geser Penampang

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= ((d - 2 \cdot (t_f + r_o)) \cdot t_w) \\ &= ((500 - 2 \cdot (16 + 20)) \cdot 10) \\ &= 3424.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

$$C_v = \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 3424.0 \cdot 1.0 \\ &= 493056.00 \text{ N} \rightarrow 49305.60 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0.90 \cdot 49305.60 \\ &= 44375.04 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}\phi V_n &> V_u \\ 44375.04 &> 17250.542 \quad \text{Ok}\end{aligned}$$

- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\begin{aligned}\text{electrode E7014 } f_{uw} &= 506 \text{ N/mm}^2 \\ \text{tebal las rencana} &= 8 \text{ mm} \\ t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm}\end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &= 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw}) \\ &= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506) \\ &= 1287.87 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

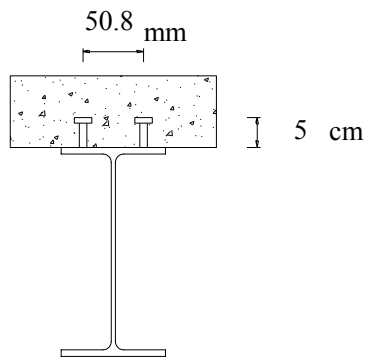
$$\begin{aligned}K &= \pi \cdot d \\ &= \pi \cdot 12.7 \\ &= 39.9 \text{ mm}\end{aligned}$$

Las sekeliling shear konektor

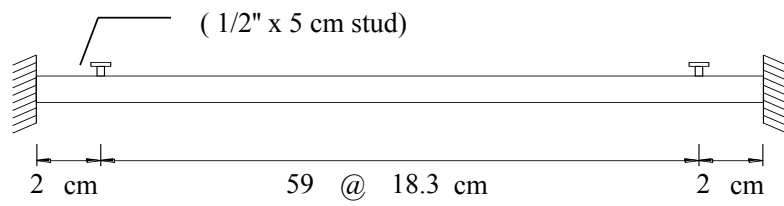
$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{46889}{39.9} = 1174.75 \text{ N/mm}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\phi R_{nw} &> R_u \\ 1287.87 \text{ N} &> 1174.75 \text{ N} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$



Letak stud pada penampang melintang profil



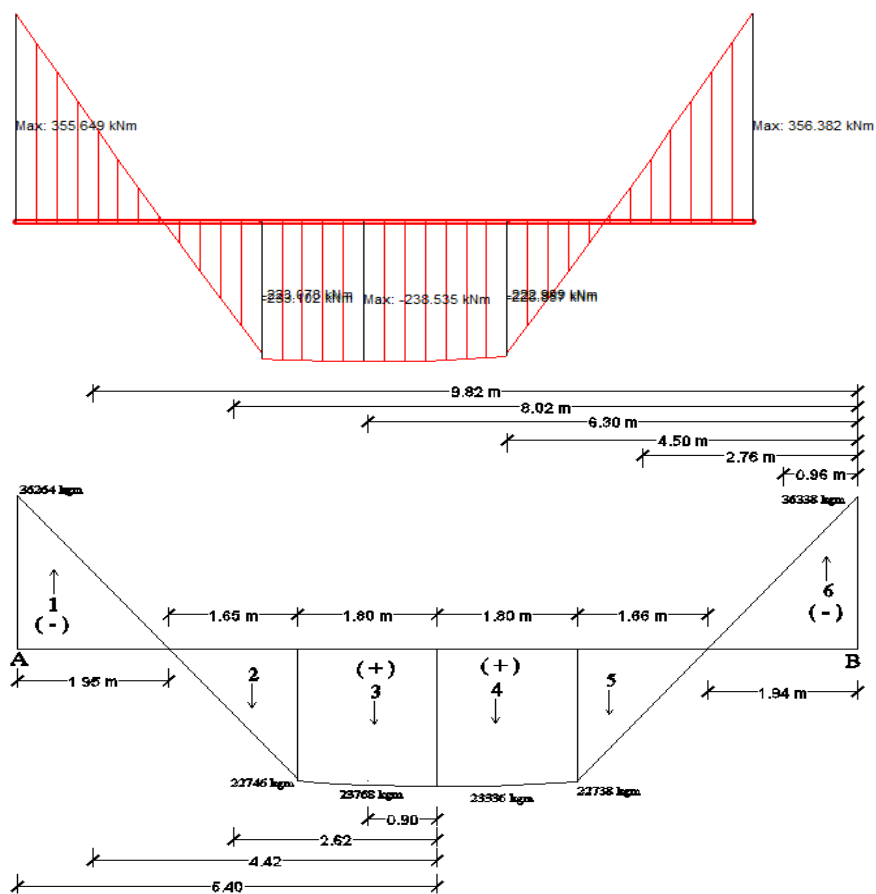
Kontrol lendutan

- Lendutan yang diijinkan

$$\Delta_i = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 1080 = 3 \text{ cm}$$

- Besar lendutan yang terjadi (Metode momen area)

- Dari staadpro v8.i diperoleh nilai momen sebagai berikut :



Luas momen :

$$P1 = \frac{1}{3} \times 36264 \times 1.95 = 23571.60 \text{ kg.m}^2$$

$$P2 = \frac{1}{3} \times 22746 \times 1.65 = 12510.30 \text{ kg.m}^2$$

$$P3 = \frac{1}{2} \times 23768 \times 1.80 = 21391.20 \text{ kg.m}^2$$

$$P4 = \frac{1}{2} \times 23336 \times 1.80 = 21002.40 \text{ kg.m}^2$$

$$P5 = \frac{1}{3} \times 22738 \times 1.67 = 12657.49 \text{ kg.m}^2$$

$$P6 = 1/3 \times 36338 \times 1.93 = 23377.45 \text{ kg.m}^2$$

$$\sum MB = 0$$

$$\begin{aligned} & (RA \times 10.8) + (P1 \times 9.82) - (P2 \times 8.02) - \\ & (P3 \times 6.3) - (P4 \times 4.50) - (P5 \times 2.76) + \\ & (P6 \times 0.96) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (RA \times 10.8) &= (23571.60 \times 9.82) - (12510.300 \times 8.02) \\ &- (21391.20 \times 6.3) - (21002.40 \times 4.50) \\ &- (12657.49 \times 2.76) + (23377.45 \times 0.96) \\ RA &= \frac{-110627.17}{-15.4} = 7183.582 \text{ kg.m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= (RA \times 5.4) + (P1 \times 4.42) - (P2 \times 2.62) - \\ & (P3 \times 0.9) \\ &= (7183.58 \times 5.4) + (23571.60 \times 4.42) \\ &- (12510.30 \times 2.62) - (21391.20 \times 0.9) \\ &= 90948.751 \text{ kg.m}^3 \\ &= 90948.751 \times 10^6 \text{ kg.cm}^3 \end{aligned}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{2} \cdot h_{WF} + h_{pelat} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 500 + 120 = 370 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} \cdot h_{\text{pelat}}$$

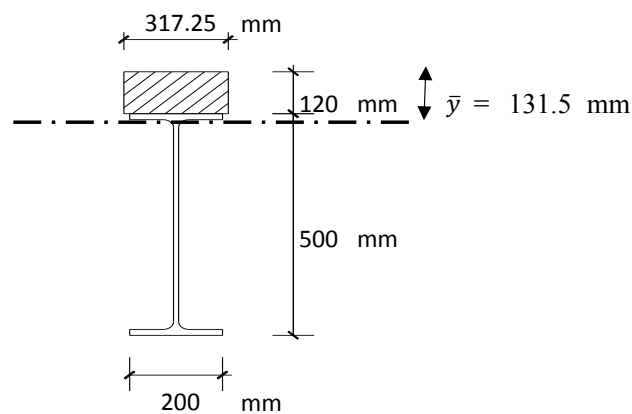
$$= \frac{1}{2} \cdot 120 = 60 \text{ mm}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	38070.00	60	2284200.00
Profil WF	11420.00	370	4225400
	49490.00		6509600.00

$$\bar{y} = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{6509600}{49490.00} = 131.5 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



$$I_p = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 317.3 \cdot 120^3$$

$$= 45684000.0 \text{ mm}^4$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

Penampang	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	y - \bar{y} d (mm)	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
Pelat beton	38070	60	45684000.0	-71.5	240490554.29
Profil WF	11420.0	370	478000000	238.5	1127412042.19
$I_{tr} =$					1367902596.48

Ek = Modulus elastisitas balok komposit

$$= (E_c \times (\frac{A_s}{A_s + A_c}) + E_s \times (\frac{A_c}{A_s + A_c})) / 2$$

$$= (239616 \times (\frac{114.20}{114.20 + 3240}) + 2039288 \times$$

$$(\frac{3240.00}{114.20 + 3240})) / 2$$

$$= 989007 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta x = \frac{M_{\max}}{E_k \times I_{\text{nett}}} = \frac{90948.751 \times 10^6}{989007 \times 136790} = 0.672 \text{ cm}$$

Maka : $\Delta x = 0.67 \text{ cm} < \Delta i = 3 \text{ cm} \dots\dots\dots$ **Aman**

4.1.2 Perhitungan Balok Anak Panjang 10.8 m

Hasil Output dari program Staad Pro dari kombinasi 2

Balok interior no .1567,1391,1231.

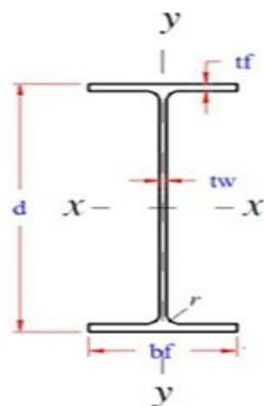
$$M_{u(+)} = 4949 \text{ kgm}$$

$$M_{u(-)} = 7592 \text{ kgm}$$

$$V_u = 3976 \text{ kg}$$

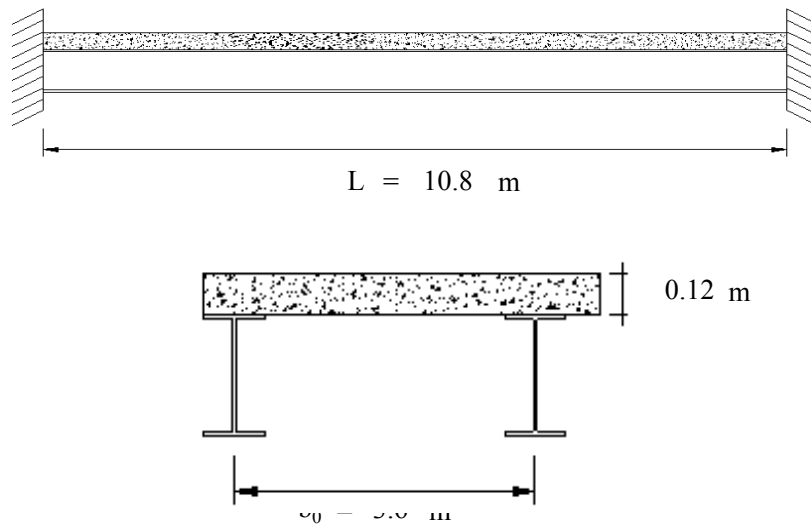
- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Tegangan putus (f_u) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton (f_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f_c}$
 $: 4700 \sqrt{25}$
 $: 23500 \text{ MPa}$

Digunakan profil baja WF 300 x 150 x 6.5 x 9



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 300 \text{ mm}$	$I_x = 7210 \text{ cm}^4$
$b_f = 150 \text{ mm}$	$I_y = 508 \text{ cm}^4$
$t_w = 6.5 \text{ mm}$	$i_x = 12.4 \text{ cm}$
$t_f = 9 \text{ mm}$	$i_y = 3.29 \text{ cm}$
$r = 13 \text{ mm}$	$S_x = 481 \text{ cm}^3$
$A_g = 46.8 \text{ cm}^2$	$S_y = 67.7 \text{ cm}^3$
$w = 36.7 \text{ kg/m}$	$Z_x = 728.6 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 151.8 \text{ cm}^3$



- Lebar Efektif balok komposit

Panjang Balok (L) = 1080 cm

- Untuk balok Eksterior

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{1080}{4} = 270 \text{ cm}$$

$$b_0 = 3.6 \text{ m} = 360 \text{ cm}$$

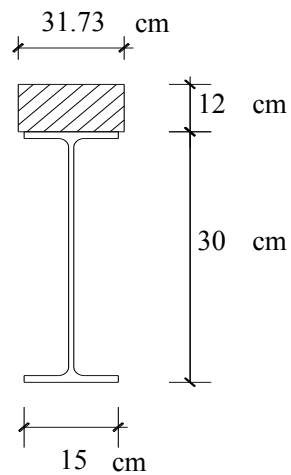
diambil yang terkecil, maka $b_e = 270 \text{ cm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

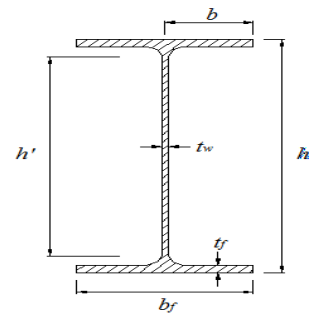
$$\frac{b_E}{n} = \frac{270}{8.511} = 31.73 \text{ cm}$$

Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h' &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 300 - 9 - (2 \cdot 13) \\ &= 265 \text{ mm} \end{aligned}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{75}{9} = 8.33 < \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.97$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad \text{Kompak!}$$

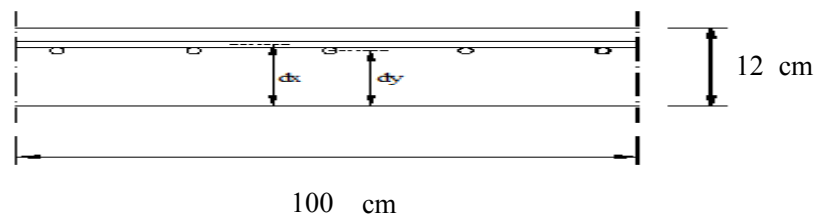
Tekuk Lokal Web

$$\lambda_w = \frac{h'}{t_w} = \frac{265}{6.5} = 40.8 < \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.54$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad \text{Kompak!}$$

A. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Negatif)

- Perhitungan penulangan
- Perhitungan tinggi efektif pelat lantai



Tebal selimut beton (p) = 20 mm

Ø Tulangan utama = 10 mm

tebal plat lantai (h) = 120 mm

- Tinggi efektif (d) arah x :

$$\begin{aligned} d_x &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 \\ &= 95.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) arah y :

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} - \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 - 10 \\ &= 85.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Perhitungan momen pada pelat lantai

$$= \frac{L_y}{L_x} = \frac{3.6}{3.6} = 1.00 \quad (\text{Maka digunakan Pelat Dua Arah})$$

Beban terfaktor:

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L \\ &= 1.2 \cdot 35 + 1.6 \cdot 0 \end{aligned}$$

$$= 42.00 \text{ Kg/m}^2$$

Dengan mengetahui nilai L_y/L_x maka dapat ditentukan nilai M_{lx} , M_{ly} , M_{tx} , M_{ty} sesuai PBI 1971 hal 202 (plat terjepit penuh), yaitu:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 42.00 \cdot 3.6^2 \cdot 36 \\ &= -20 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 42.00 \cdot 3.6^2 \cdot 36 \\ &= -20 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan arah x (penulangan tumpuan M_{tx})

diketahui:

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 95.0 \text{ mm}$$

$$M_{tx} = 19.6 \text{ kg.m} = 195955 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen nominal} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{195955}{0.9} = 217728.0 \text{ N.mm}$$

$$A_s = \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[- \sqrt{ - \frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2} } \right]$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95}{240} \left[-\sqrt{\frac{2 \cdot 217728.0}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2}} \right] \\
&= 8411.5 \cdot \left[1 - 0.99886 \right] \\
&= 8411.5 \cdot 0.00114 \\
&= 9.55 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ min}} &= 0.002 \cdot b \cdot h \\
&= 0.002 \cdot 1000 \cdot 120 \\
&= 240 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0.85 \rightarrow f_c' = < 28 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
f_c = 25 \text{ MPa} \rightarrow \beta_1 &= 0.85 - \frac{(25 - 28) \cdot 0.05}{7} \\
&= 0.87
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \text{ max}} &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\
&= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.87}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 95 \\
&= 3830.2 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_s = 9.55 \text{ mm}^2 &< A_{s \text{ min}} = 240 \text{ mm}^2 \\
&< A_{s \text{ max}} = 3830.2 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\text{Maka digunakan tulangan } A_s = 240.00 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan = Ø 10

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{78.5 \cdot 1000}{240.00} = 327.1 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

Kontrol:

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{78.5 \cdot 1000}{300} = 261.7 \text{ mm}^2 > 240 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

jadi, digunakan tulangan Ø 10 - 300 mm

Syarat jarak maksimum tulangan plat:

$$3h = 3 \cdot 120 = 360 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan tarik dalam lebar efektif Beton (b_e)

$$= \frac{2700}{300} = 9.00 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 9 \\ &= 78.5 \cdot 9 = 706.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned} C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 4678.0 \cdot 240 \\ &= 1122720.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned} T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 706.5 \cdot 240 \end{aligned}$$

$$= 169560.0 \text{ N}$$

Karena gaya tarik beton diabaikan, maka garis netral plastis berada di profil baja

Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

$$T_{sr} + T_s = C_{smax} - T_s$$

$$T_s = C_{smax} - T_s$$

$$T_s = 1122720.0 - 169560.0$$

$$T_s = 953160.0$$

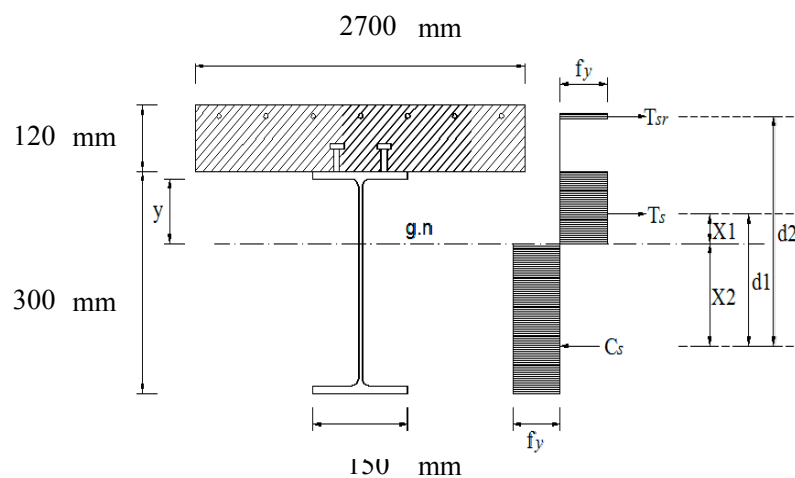
$$T_s = \frac{953160.0}{2} = 476580 \text{ N}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{476580}{240 \cdot 150}$$

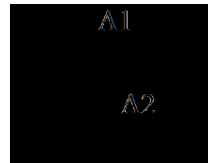
$$= 13.24 \text{ mm} > t_f = 9 \text{ mm}$$

maka garis netral jatuh di web baja



Mencari Luasan T_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 150 \cdot 9 \\ &= 1350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= y \cdot 7 \\ &= 7 y \end{aligned}$$

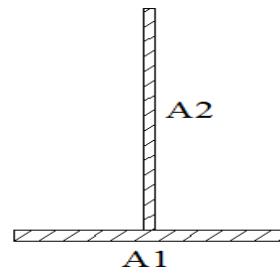
$$\begin{aligned} A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 1350 + 7 y \\ &= 7 y + 1350 \end{aligned}$$

Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan C_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 150 \cdot 9 \\ &= 1350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= ((d - 2 \cdot t_f) - y) \cdot t_w \\ &= ((300 - 2 \cdot 9) - y) \cdot 7 \\ &= (282 - y) \cdot 7 \\ &= 1833 - 7 y \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_s' &= A_1 + A_2 \\ &= 1350 + 1833 - 7 y \\ &= 3183 - 7 y \end{aligned}$$

$$C_s = T_{sr} + T_s$$

$$(3183 - y) \cdot 240 = 169560 + (7 y + 1350 \cdot 240)$$

$$763920 - 1560 y = 169560.0 + 1560 y + 324000$$

$$763920 - 1560 y = 493560 + 1560 y$$

$$763920 - 493560 = 1560 y + 1560 y$$

$$270360.0 = 3120 y$$

$$y = \frac{270360.0}{3120} = 86.65 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= (7 \cdot y + 1350) \cdot f_y \\ &= (7 \cdot 86.65 + 1350) \cdot 240 \\ &= 459180.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot f_y \\ &= (3183 - 7 \cdot y) \cdot f_y \\ &= (3183 - 7 \cdot 86.65) \cdot 240 \\ &= 628740 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol: $C_s = T_s + T_{sr}$

$$\begin{aligned} 628740 &= 459180.0 + 169560 \\ 628740 &= 628740 \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$A_2 = y \cdot t_w$	$A_s = A_1 + A_2$
$= 86.65 \cdot 7$	$= 1350 + 563.25$
$= 563.25 \text{ mm}^2$	$= 1913.25 \text{ mm}^2$
$Y1 = y + \frac{1}{2} \cdot t_f$	$Y2 = \frac{1}{2} \cdot y$
$= 86.65 + \frac{1}{2} \cdot 9$	$= \frac{1}{2} \cdot 86.65$
$= 91.15 \text{ mm}$	$= 43.33 \text{ mm}$

$$\text{Maka titik berat } C_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$$

$$= \frac{(1350 \cdot 91.2) + (563.25 \cdot 43.33)}{1350 + 563.25}$$

$$X1 = 77.07 \text{ mm}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow C_s$$

$$A2 = (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w$$

$$= (300 - 2 \cdot 9 - 86.65) \cdot 7$$

$$= 1269.75 \text{ mm}^2$$

$$Y1 = d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f)$$

$$= (300 - 9 - 86.65 - (\frac{1}{2} \cdot 9))$$

$$= 199.85 \text{ mm}$$

$$Y2 = \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (300 - (2 \cdot 9) - 86.65)$$

$$= 97.67 \text{ mm}$$

$$\text{Maka titik berat } T_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$$

$$= \frac{(1350 \cdot 199.8) + (1269.75 \cdot 97.7)}{1350 + 1269.8}$$

$$X2 = 150.32 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$dI = X1 + X2$$

$$= 77.07 + 150.32$$

$$= 227.40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d2 &= X2 + y + t_f + d_x \\
 &= 150.32 + 86.65 + 9 + 95 \\
 &= 340.98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}
 M_n &= T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2 \\
 &= 459180.0 \cdot 227.4 + 169560 \cdot 340.98 \\
 &= 162233093.08 \text{ Nmm} \rightarrow 16223.31 \text{ kg}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

- Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 16223.31 \\
 &= 14600.98 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &> M_u \\
 14600.98 &> 7592.00 \quad \text{Ok}
 \end{aligned}$$

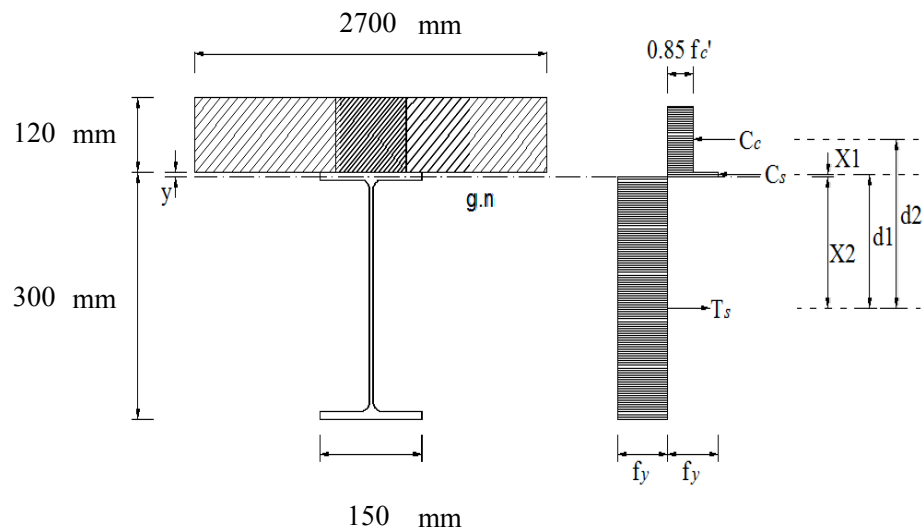
B. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Positif)

Mencari letak garis netral plastis, Sehingga:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} \\
 &= \frac{4678 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 2700} \\
 &= 19.57 < t_s
 \end{aligned}$$

$$a < t_s$$

19.57 < 120 Maka garis netral jatuh di Pelat



- Gaya tekan pada beton

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot t_s \cdot b_E \\
 &= 0.85 \cdot 25 \cdot 120 \cdot 2700.0 \\
 &= 6885000.00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya tekan pada profil baja

Mencari Luasan C_s

$$\begin{aligned}
 A_l &= b_f \cdot y \\
 &= 150 \cdot y \\
 &= 150 \text{ y mm}^2
 \end{aligned}$$



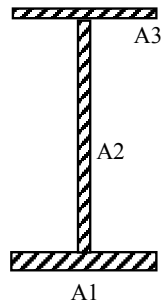
Maka gaya tekan baja C_s

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_y \\
 &= 150 \text{ y} \cdot f_y \\
 &= 150 \text{ y} \cdot 240 \\
 &= 36000 \text{ y}
 \end{aligned}$$

Gaya tarik Pada Baja

Mencari luasan T_s

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 150 \cdot 9 \\ &= 1350 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_2 &= (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w \\ &= (300 - 2 \cdot 9) \cdot 7 \\ &= 282 \cdot 7 \\ &= 1833 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad \begin{aligned} A_3 &= b_f \cdot t_f - y \\ &= 150 \cdot (9 - y) \\ &= 1350 - 150 y \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' &= A_1 + A_2 + A_3 \\ &= 1350 + 1833 + 1350 - 150 y \\ &= 4533 - 150 y \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka gaya tarik baja T_s

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= [4533 - 150] y \cdot 240 \\ &= 1087920 - 36000 y \end{aligned}$$

$$T_s = C_c + C_s$$

$$1087920 - 36000 y = 6885000.0 + 36000 y$$

$$1087920 - 6885000.0 = 36000 y + 36000 y$$

$$-5797080.0 = 72000 y$$

$$y = \frac{-5797080}{72000} = -80.52 \text{ mm}$$

Maka

$$\begin{aligned}C_s &= 36000 \cdot y & T_s &= 1087920 - 36000 \cdot y \\&= 36000 \cdot -80.52 & &= 1087920 - 36000 \cdot -80.52 \\&= -2898540 \text{ N} & &= 3986460 \text{ N}\end{aligned}$$

Kontrol: $T_s = C_c + C_s$

$$\begin{aligned}3986460 &= 6885000.0 + -2898540.0 \\3986460 &= 3986460 \text{Ok!}\end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ C_s

$$\begin{aligned}A_1 &= t_f \cdot y & Y1 &= \frac{1}{2} \cdot y \\&= 9 \cdot -80.52 & &= \frac{1}{2} \cdot -80.52 \\&= -724.6 \text{ mm}^2 & &= -40.26 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka titik berat $C_s = Y1 = X1 = -40.26 \text{ mm}$

Mencari titik berat terhadap garis netral

→ T_s

$$\begin{aligned}A_3 &= b_f \cdot t_f - y & Y1 &= d - (\frac{1}{2} \cdot t_f) - y \\&= 150 \cdot (9 - -80.5) & &= 300 - (\frac{1}{2} \cdot 9) - -80.52 \\&= 13427 \text{ mm}^2 & &= 376.0 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Y2 &= \frac{1}{2} \cdot d - (2 \cdot t_f) & Y3 &= \frac{1}{2} \cdot t_f - y \\&= \frac{1}{2} \cdot 300 - (2 \cdot 9) & &= \frac{1}{2} \cdot (9 - -80.5) \\&= 132.00 \text{ mm} & &= 44.758 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka titik berat T_s

$$\begin{aligned}
 X2 &= \frac{A1 \cdot Y1 + A2 \cdot Y2 + A3 \cdot Y3}{A1 + A2 + A3} \\
 &= \frac{(1350 \cdot 376.02) + (1833 \cdot 132.0) + (13427 \cdot 44.76)}{1350 + 1833 + 13427} \\
 &= 81.31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$\begin{aligned}
 d1 &= X1 + X2 \\
 &= -40.26 + 81.31 \\
 &= 41.05 \text{ mm} \\
 d2 &= X2 + y + \frac{1}{2} \cdot t_s \\
 &= 81.31 + -80.52 + \frac{1}{2} \cdot 120 \\
 &= 60.79 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c \cdot d2 + C_s \cdot d1 \\
 &= 6885000.00 \cdot 60.79 + -2898540 \cdot 41.05 \\
 &= 299573333.1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \cdot 299573333.10 \\
 &= 269615999.79 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 26961.60 \text{ kg}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$26961.60 > 4949.00 \quad \text{Ok}$$

Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector* $\frac{1}{2}$ " x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned}V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\&= 0.85 \cdot 25 \cdot 2700 \cdot 120 \\&= 6885000.00 \text{ N}\end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned}V_h &= f_y \cdot A_s \\&= 240 \cdot 4678 \\&= 1122720.0 \text{ N}\end{aligned}$$

Maka digunakan $V_h = 1122720 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 9 = 23 \text{ mm} > \frac{1}{2}" = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned}Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\&= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\&= 48567.53 \text{ N} > 46889.31 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\Sigma Q_n = 46889.31 \text{ N}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 120 = 960 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{1122720}{46889.31} = 23.94 \approx 24 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 24 stud untuk $\frac{1}{2}$ bentang balok, atau 48 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{10800.0}{48 / 2} = 450 \text{ mm} < 960 \text{ mm (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 450 mm

Menghitung Kuat geser Penampang

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= ((d - 2 \cdot (t_f + r_o)) \cdot t_w) \\ &= ((300 - 2 \cdot (9 + 13)) \cdot 7) \\ &= 2048.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

$$C_v = \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2048.0 \cdot 1.0 \\ &= 294912.00 \text{ N} \rightarrow 29491.20 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\phi V_n = 0.90 \cdot 29491.20$$

$$= 26542.08 \text{ kg}$$

Syarat:

$$\phi V_n > V_u$$

$$26542.08 > 3976.000 \quad \text{Ok}$$

- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

$$\text{electrode E7014 } f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal las rencana} = 8 \text{ mm}$$

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \cdot 8$$

$$= 5.656 \text{ mm}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\phi \cdot R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw})$$

$$= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506)$$

$$= 1287.87 \text{ N/mm}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$K = \pi \cdot d$$

$$= \pi \cdot 12.7$$

$$= 39.9 \text{ mm}$$

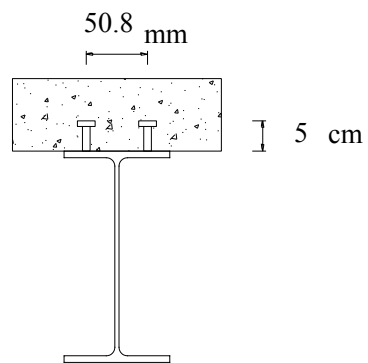
Las sekeliling shear konektor

$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{46889}{39.9} = 1174.75 \text{ N/mm}$$

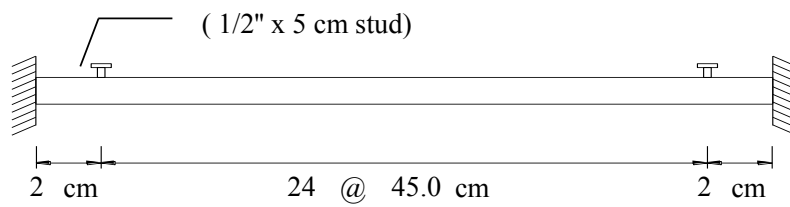
Syarat :

$$\phi \cdot R_{nw} > R_u$$

$$1287.87 \text{ N} > 1174.75 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Letak stud pada penampang melintang profil



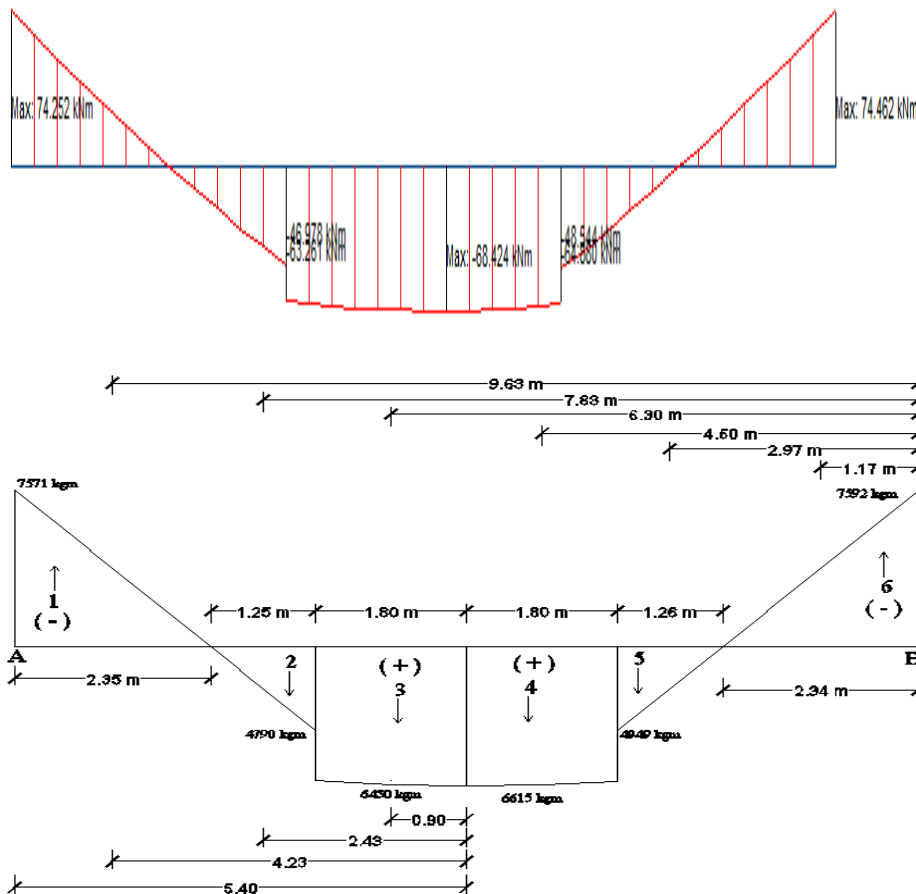
Kontrol lendutan

- Lendutan yang diijinkan

$$\Delta_i = \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 1080 = 3 \text{ cm}$$

- Besar lendutan yang terjadi (Metode momen area)

- Dari staadpro v8.i diperoleh nilai momen sebagai berikut :



Luas momen :

$$P1 = 1/3 \times 7571 \times 2.35 = 5930.62 \text{ kg.m}^2$$

$$P2 = 1/3 \times 4790 \times 1.25 = 1995.83 \text{ kg.m}^2$$

$$P3 = 1/2 \times 6450 \times 1.80 = 5805.00 \text{ kg.m}^2$$

$$P4 = 1/2 \times 6615 \times 1.80 = 5953.50 \text{ kg.m}^2$$

$$P5 = 1/3 \times 4949 \times 1.26 = 2078.58 \text{ kg.m}^2$$

$$P6 = 1/3 \times 7592 \times 2.34 = 5921.76 \text{ kg.m}^2$$

$$\sum MB = 0$$

$$\begin{aligned} & (RA \times 10.8) + (P1 \times 9.63) - (P2 \times 7.83) - \\ & (P3 \times 6.3) - (P4 \times 4.50) - (P5 \times 2.97) + \\ & (P6 \times 1.17) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (RA \times 10.8) &= (5930.62 \times 9.63) - (1995.833 \times 7.83) \\ &- (5805.00 \times 6.3) - (5953.50 \times 4.50) \\ &- (2078.58 \times 2.97) + (5921.76 \times 1.17) \end{aligned}$$

$$RA = \frac{-21122.71}{-15.4} = 1371.605 \text{ kg.m}^2$$

$$\begin{aligned} M_{max} &= (RA \times 5.4) + (P1 \times 4.23) - (P2 \times 2.43) - \\ & (P3 \times 0.9) \\ &= (1371.60 \times 5.4) + (5930.62 \times 4.23) \\ &- (1995.83 \times 2.43) - (5805.00 \times 0.9) \\ &= 22418.798 \text{ kg.m}^3 \\ &= 22418.798 \times 10^{-6} \text{ kg.cm}^3 \end{aligned}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} \cdot h_{WF} + h_{pelat}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 300 + 120 = 270 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} \cdot h_{pelat}$$

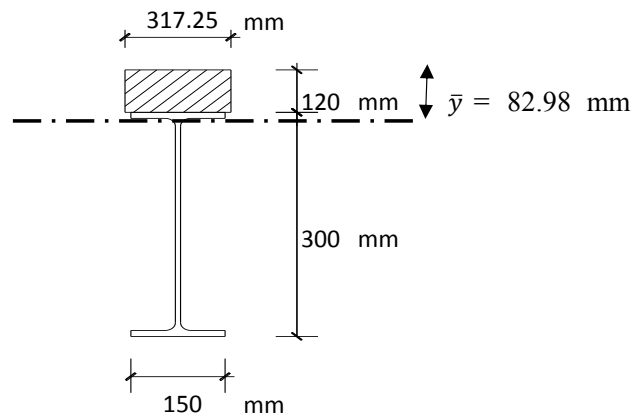
$$= \frac{1}{2} \cdot 120 = 60 \text{ mm}$$

- Menentukan letak garis netral :

Penampang	Luas Transformasi A (mm ²)	Lengan momen y (mm)	A · y (mm ³)
Pelat beton	38070.00	60	2284200.00
Profil WF	4678.00	270	1263060
	42748.00		3547260.00

$$\bar{y} = \frac{\Sigma A \cdot y}{\Sigma A} = \frac{3547260}{42748.00} = 82.98 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



$$I_p = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 317.3 \cdot 120^3$$

$$= 45684000.0 \text{ mm}^4$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

Penampang	A (mm ²)	y (mm)	I ₀ (mm ⁴)	y - \bar{y} d (mm)	I ₀ + A · d ² (mm ⁴)
Pelat beton	38070	60	45684000.0	-23.0	65789288.06
Profil WF	4678.0	270	72100000	187.0	235718708.06
$I_{tr} =$					301507996.12

Ek = Modulus elastisitas balok komposit

$$= (E_c \times (\frac{A_s}{A_s + A_c}) + E_s \times (\frac{A_c}{A_s + A_c})) / 2$$

$$= (239616 \times (\frac{46.78}{46.78 + 3240}) + 2039288 \times$$

$$\left(\frac{3240.00}{46.78 + 3240} \right) / 2$$

$$= 1006837 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta x = \frac{M_{\max}}{E_k \times I_{\text{nett}}} = \frac{22418.798 \times 10^6}{1006837 \times 30151} = 0.739 \text{ cm}$$

Maka : $\Delta x = 0.74 \text{ cm} < \Delta i = 3 \text{ cm} \dots\dots\dots$ **Aman**

4.2 Perhitungan Penampang Kolom

Hasil Output dari program Staad Pro

Kolom 613 Kombinasi Kombinasi 5

$$P_u = 288816.54 \text{ kg}$$

Kombinasi 9

$$M_{1x} = 14456 \text{ kgm}$$

$$M_{2x} = 2403 \text{ kgm}$$

$$M_{1y} = 1069 \text{ kgm}$$

$$M_{2y} = 7420 \text{ kgm}$$

Kombinasi 9

$$M_{1x} = 18184 \text{ kgm}$$

$$M_{2x} = 10575 \text{ kgm}$$

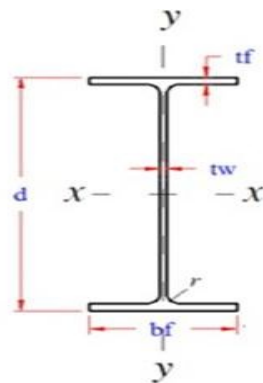
$$M_{1y} = 7771 \text{ kgm}$$

$$M_{2y} = 11152 \text{ kgm}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Tegangan putus (f_u) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton (f'_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f'_c}$
 $: 4700 \sqrt{25}$
 $: 23500 \text{ MPa}$

Kolom

Digunakan profil baja WF 500 x 500 x 16 x 32



Dari tabel baja diperoleh:

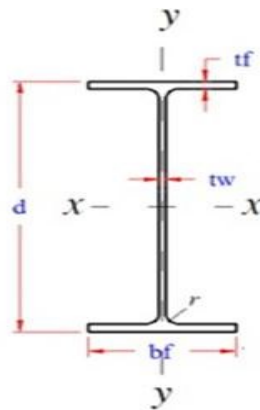
$d = 500 \text{ mm}$	$I_x = 186543 \text{ cm}^4$
$b_f = 500 \text{ mm}$	$I_y = 66681.5 \text{ cm}^4$
$t_w = 16 \text{ mm}$	$i_x = 21.9 \text{ cm}$
$t_f = 32 \text{ mm}$	$i_y = 13.08 \text{ cm}$
$r = 22 \text{ mm}$	$S_x = 7461.7 \text{ cm}^3$
$A_g = 389.8 \text{ cm}^2$	$S_y = 2667.3 \text{ cm}^3$

$$w = 307.9 \text{ kg/m} \quad Z_x = 8248.38 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 4027.9 \text{ cm}^3$$

Balok

Digunakan profil baja WF 500 x 200 x 10 x 16



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 500 \text{ mm}$	$I_x = 47800 \text{ cm}^4$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$I_y = 2140 \text{ cm}^4$
$t_w = 10 \text{ mm}$	$i_x = 20.5 \text{ cm}$
$t_f = 16 \text{ mm}$	$i_y = 4.33 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 1910 \text{ cm}^3$
$A_g = 114.2 \text{ cm}^2$	$S_y = 214 \text{ cm}^3$
$w = 89.7 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2096.4 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 331.7 \text{ cm}^3$

Menentukan Faktor Panjang tekuk

- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah y , Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi displacement akibat beban gempa.

Nilai E (modulus elastisitas) dianggap 1 karena material balok dan kolom sama

A. Mencari nilai K arah x

G_A = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0

$$G_B = \frac{\sum (EI/L)_c}{\sum (EI/L)_b} = \frac{\left[\frac{1865430000}{4000} + \frac{1865430000}{4000} \right]}{\left[\frac{478000000}{3600} + \frac{478000000}{7200} \right]}$$

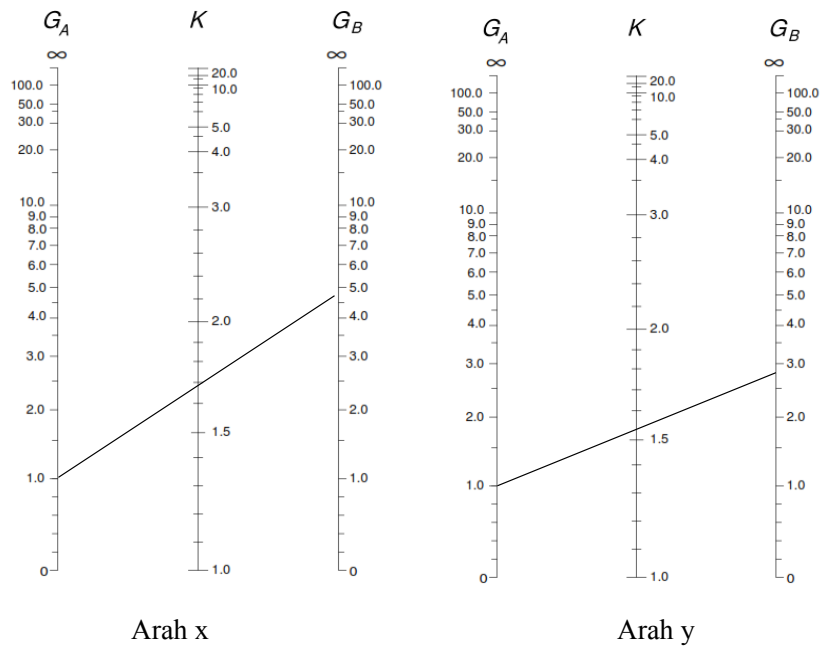
$$= 4.68$$

B. Mencari nilai K arah y

G_A = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0

$$G_B = \frac{\sum (EI / L)_c}{\sum (EI / L)_b} = \frac{\left[\frac{666815000}{4000} + \frac{666815000}{4000} \right]}{\left[\frac{478000000}{3600} + \frac{478000000}{10800} \right]}$$

$$= 1.88$$



Maka diperoleh nilai $K_x = 1.69$

Maka diperoleh nilai $K_y = 1.52$

A. Aksi Aksial

Menghitung Rasio kelangsingan Arah x dan Arah y

$$\lambda_x = \frac{kL}{r_x} = \frac{1.69 \times 400}{21.9} = 30.87$$

$$\lambda_y = \frac{kL}{r_y} = \frac{1.52 \times 400}{13.08} = 46.48$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{kL}{r_y} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \cdot 46.48 \cdot \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0.51$$

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - (0.67 \times 0.51)} = 1.14$$

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \\ &= 38976 \cdot \frac{240}{1.14} \\ &= 8220803.04 \text{ N} \rightarrow 822080.30 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} = \frac{288816.54}{0.85 \cdot 822080.30} = 0.413 > 0.2$$

B. Aksi Momen

Mengetahui apakah penampang kompak atau tidak

- Elemen pada batang tekan aksial

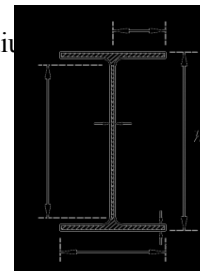
h = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius

sudut pertemuan pada setiap sayap

$$h = d - t_f - (2 \cdot r_o)$$

$$= 500 - 32 - 2 \cdot 22$$

$$= 424 \text{ mm}$$



Tekuk Lokal Flens

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{250}{32} = 7.81 < \lambda_p = 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 16.2$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad \text{Kompak!}$$

$$\frac{P_u}{\phi_b \cdot P_y} = \frac{288816.54}{0.90 \cdot 240 \cdot 38976} = 0.034 < 0.125$$

Tekuk Lokal Web

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{424}{16} = 26.5 < \lambda_p = 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43.0$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad \text{Kompak!}$$

Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$l_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \cdot 130.8 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$

$$= 6645.53 \text{ mm} \rightarrow 6.65 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$l_r = 1.95 r_y \sqrt{\frac{E}{0.7 f_y} \left[\frac{J_c}{S_x h_o} + \left(\frac{J_c}{S_x h_o} \right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E} \right)^2 \right]}$$

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right] \\
 &= \frac{1}{3} \cdot \left[2 \cdot 500 \cdot 32^3 + 500 \cdot 16^3 \right] \\
 &= 11605333.33 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$c = 1$$

h_o = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$\begin{aligned}
 &= d - t_f \\
 &= 500 - 32 \\
 &= 468 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Radius Girasi Efektif

$$\begin{aligned}
 r_{ts}^2 &= \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{666815000 \cdot 468}{2 \cdot 7461700} \\
 r_{ts}^2 &= 20911 \\
 r_{ts} &= 144.6 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_r = 1.95 \cdot \frac{F}{0.7 F_y} \cdot \frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{F} \right)^2}$$

$$L_r = 1.95 \cdot 144.61 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\begin{aligned}
 &\cdot \sqrt{\frac{11605333.3 \cdot 1}{7461700 \cdot 468} + \left[\frac{11605333.3 \cdot 1}{7461700 \cdot 468} \right] + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000} \right]^2} \\
 &= 335696.68 \cdot \sqrt{0.00332 + \sqrt{0.000011045} + 0.000004770} \\
 &= 335696.68 \cdot \sqrt{0.00332 + \sqrt{0.000015814}} \\
 &= 335696.68 \cdot \sqrt{0.00332 + 0.00398}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 335696.68 \cdot \sqrt{0.00730} \\
&= 28682.1 \text{ mm} \rightarrow 28.7 \text{ m} \\
\text{Maka } L &< L_p < L_r \\
4 &< 6.65 < 28.7 \quad \text{Kompak!}
\end{aligned}$$

maka digunakan Persamaan:

$$\begin{aligned}
M_{n \text{ arah } x} &= M_p = Z_x \cdot f_y \\
&= 8248384 \cdot 240 \\
&= 1979612160 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 197961.22 \text{ kg}\cdot\text{m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{n \text{ arah } y} &= M_p = Z_y \cdot f_y \\
&= 4027904 \cdot 240 \\
&= 966696960 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 96669.70 \text{ kg}\cdot\text{m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi_b \cdot M_{nx} &= 0.9 \cdot 197961.2 & \phi_b \cdot M_{ny} &= 0.9 \cdot 96669.70 \\
&= 178165.09 \text{ kg}\cdot\text{m} & &= 87002.73 \text{ kg}\cdot\text{m}
\end{aligned}$$

C. Pembesaran Momen, δ_b

Pembesaran Momen Arah x

$$\lambda = \frac{kL}{r_x} = \frac{1.69 \times 400}{21.9} = 30.87$$

$$\begin{aligned}
C_m &= 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \\
&= 0.6 - 0.4 \left(\frac{2403}{14456} \right) = 0.53
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_{e1} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left(k \cdot \frac{L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 38976}{30.87^2} \\
&= 80664305 \text{ N} \rightarrow 8066430.50 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{0.53}{1 - \frac{288816.54}{8066430.5}} = 0.55 < 1.0$$

Diambil $\delta_b = 1.0$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \delta_b \cdot M_{ntu} \\ &= 1.0 \cdot 14456 \\ &= 14456 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Pembesaran Momen Arah y

$$\lambda = \frac{kL}{r_y} = \frac{1.52 \times 400}{13.08} = 46.48$$

$$\begin{aligned} C_m &= 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \\ &= 0.6 - 0.4 \left(\frac{1069}{7420} \right) = 0.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{e1} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left(k \cdot \frac{L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 38976}{46.48^2} \\ &= 35570902.8 \text{ N} \rightarrow 3557090.28 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{0.54}{1 - \frac{288816.54}{3557090.28}} = 0.59 < 1.0$$

Diambil $\delta_b = 1.0$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= \delta_b \cdot M_{ntu} \\ &= 1.0 \cdot 7420 \end{aligned}$$

$$= 7420 \quad \text{kg.m}$$

D. Pembesaran Momen, δ_s

Pembesaran Momen Arah x

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{1}{1 - \frac{288816.54}{8066430.5}} = 1.04$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \\ &= 1.0 \cdot 14456 + 1.04 \cdot 18184 \\ &= 33315.25 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

Pembesaran Momen Arah y

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{1}{1 - \frac{288816.54}{3557090.28}} = 1.09$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \\ &= 1.0 \cdot 7420 + 1.09 \cdot 11152 \\ &= 19557.50 \quad \text{kg.m} \end{aligned}$$

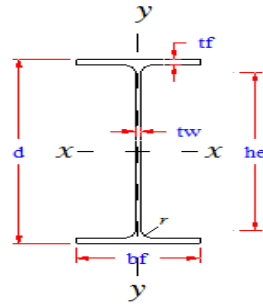
$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$0.413 + \frac{8}{9} \left(\frac{33315.25}{178165.094} + \frac{19557.50}{87002.73} \right) = 0.7794 < 1.0 \quad \text{Ok!}$$

4.3 Sambungan Balok Induk - Kolom

-Balok

Digunakan profil baja WF 500 x 200 x 10 x 16

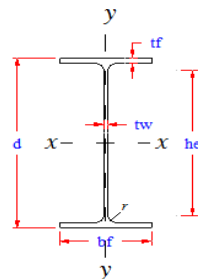


Dari tabel baja diperoleh:

d	$=$	500	mm	I_x	$=$	47800	cm^4
b_f	$=$	200	mm	I_y	$=$	2140	cm^4
t_w	$=$	10	mm	i_x	$=$	20.5	cm
t_f	$=$	16	mm	i_y	$=$	4.33	cm
r	$=$	20	mm	S_x	$=$	1910	cm^3
A_g	$=$	114.2	cm^2	S_y	$=$	214	cm^3
w	$=$	89.7	kg/m	Z_x	$=$	2096.4	cm^3
f_u	$=$	370	Mpa	Z_y	$=$	331.7	cm^3
E_s	$=$	200000	Mpa	f_y	$=$	240	Mpa

-Kolom

Digunakan profil baja H BEAM 500 x 500 x 16 x 32

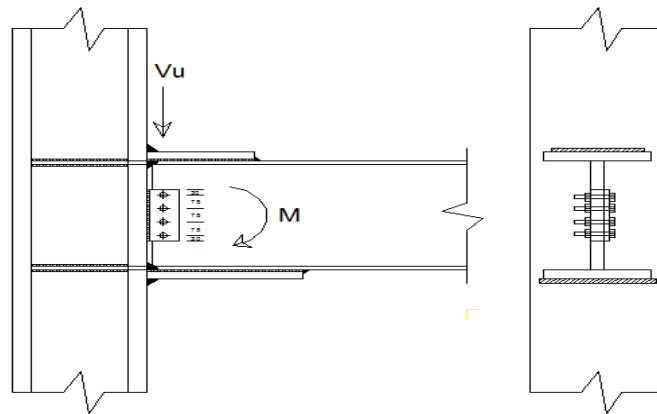


Dari tabel baja diperoleh:

d	$=$	500	mm	I_x	$=$	186543	cm^4
b_f	$=$	500	mm	I_y	$=$	66682	cm^4
t_w	$=$	16	mm	i_x	$=$	21.9	cm

t_f	=	32	mm	i_y	=	13.08	cm
r	=	22	mm	S_x	=	7461.7	cm ³
A_g	=	389.8	cm ²	S_y	=	2667.3	cm ³
w	=	307.9	kg/m	Z_x	=	8248.4	cm ³
f_u	=	370	Mpa	Z_y	=	4027.9	cm ³
E_s	=	200000	Mpa	E_c	=	23500	Mpa
f_y	=	240	Mpa	f_c	=	25	Mpa

A.Sambungan Balok Kolom Flens



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai Momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_u &= 17250.5 \text{ kg} &= 172505.41 \text{ N} \\
 M_u &= 356.38 \text{ kNm} &= 356382000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pelat penyambung atas (flens tarik):

Sambungan las

$$\begin{aligned}
 \text{Pelat berukuran} &= 20 \times 175 \\
 \text{Las sudut (a)} &= 10 \text{ mm} \\
 f_u \text{ las} &= 485 \text{ Mpa} \\
 f_y \text{ plat} &= 240 \text{ Mpa} \\
 \text{Tebal plat} &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$T_u = \frac{M_u}{d} = 712764 \text{ N}$$

$$A_g = 20 \times 175 = 3500 \text{ mm}^2$$

$$\Phi T_n = 0.9 \cdot A_g \cdot f_y$$

$$\Phi T_n = 0.9 \times 3500 \times 240 = 756000 \text{ N}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 10 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 10 \\ &= 7.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 485) \\ &= 1090.920443 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana :

Las

$$\begin{aligned} \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 485) \\ &= 1090.920443 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned} \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_y \text{ plat}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 240) \\ &= 539.83692 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang las yang diperlukan

$$\begin{aligned} L_w &= \frac{\Phi T_n}{\Phi R_{nw}} = \frac{756000}{1090.920443} \\ &= 692.993 \text{ mm} \end{aligned}$$

Gunakan las sepanjang 175 mm (pada ujung plat) dan 265 mm (pada kedua sisi)

Luas penampang penyambung pada pada plat sayap

$$\begin{aligned} A_{BM} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal plat} \\ &= 693 \times 20 \end{aligned}$$

$$= 13859.856 \text{ mm}^2$$

Kekuatan Las

$$\begin{aligned} R_n &= f_u \text{ las} \times A_{BM} \\ &= 485 \times 13859.856 \\ &= 6722030 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan las

$$\begin{aligned} R_u &\leq \Phi R_n \\ R_u &\leq 0.75 R_n \\ 712764 \text{ N} &\leq 0.75 \times 6722030 \text{ N} \\ 712764 \text{ N} &< 5041523 \text{ N} \end{aligned} \quad \text{OK}$$

Perhitungan pelat penyambung bawah (flens tekan):

Sambungan las

$$\begin{aligned} \text{Pelat berukuran} &= 20 \times 220 \text{ mm} \\ \text{Las sudut (a)} &= 10 \text{ mm} \\ f_u \text{ las} &= 485 \text{ Mpa} \\ \text{Tegangan tarik plat} &= 240 \text{ Mpa} \\ \text{Tebal plat} &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$T_u = \frac{M_u}{b} = 712764 \text{ N}$$

Luas pelat penyambung :

$$\begin{aligned} A_g &= 20 \times 220 = 4400 \text{ mm}^2 \\ \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\ \Phi T_n &= 0.9 \times 4400 \times 240 = 950400 \text{ N} \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 10 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 10 \\ &= 7.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 485) \end{aligned}$$

$$= 1090.920443 \text{ N/mm}$$

Kuat rencana :

Las

$$\begin{aligned}\Phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0,75 \times (0,707 \times 7,07) \times (0,6 \times 485) \\ &= 1090.920443 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned}\Phi R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) (0,6 \cdot f_y \text{ plat}) \\ &= 0,75 \times (0,707 \times 7,07) \times (0,6 \times 240) \\ &= 539.83692 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Panjang las yang diperlukan

$$\begin{aligned}&= \frac{\Phi T_n}{\Phi R_{nw}} = \frac{950400}{1090.920443} \\ &= 871.191 \text{ mm}\end{aligned}$$

Gunakan las sepanjang 220 mm (pada ujung plat) dan 330 mm (pada kedua sisi)

Luas efektif las pada pada plat badan

$$\begin{aligned}A_{we} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal plat} \\ &= 871.191 \times 20,0 \\ &= 17424 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kekuatan Las

$$\begin{aligned}R_n &= f_u \text{ las} \times A_{we} \\ &= 485 \times 17424 \\ &= 8450552 \text{ N}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan las

$$\begin{aligned}R_u &\leq \Phi R_n \\ R_u &\leq 0,75 R_n \\ 712764 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 8450552 \text{ N} \\ 712764 \text{ N} &< 6337914 \text{ N} \quad \quad \quad \mathbf{OK}\end{aligned}$$

Perhitungan sambungan plat geser :

Sambungan baut

Baut penyambung menggunakan baut:

$$\begin{aligned}
 \text{Tipe baut} &= \text{A325} \\
 \text{diameter baut} &= 7/8 \text{ in.} = 22.225 \text{ mm} \\
 A_b &= \frac{1}{4} \times \pi d^2 \\
 &= 387.75124 \text{ mm}^2 \\
 \text{kuat tarik min.} &= 825 \text{ Mpa} \\
 \text{tebal plat} &= 10 \text{ mm} \\
 f_u \text{ las} &= 485 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Tahanan nominal baut

Geser :

bidang geser :

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= \Phi 0.4 f_u A_b \text{ .m} \\
 &= 0.75 \times 0.4 \times 485 \times 387.8 \text{ }^2 \\
 &= 112835.611 \text{ N} \\
 n &= \frac{V_u}{\Phi R_n} = \frac{172505.41}{112835.611} = 1.5288206 = 4 \text{ baut}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan terhadap baut

$$\begin{aligned}
 V_{ub} &= \frac{V_u}{n} \leq \Phi R_n \\
 &= \frac{172505.41}{4} \\
 &= 43126.3525 \text{ N} < 112835.611 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah baut memenuhi kuat geser

Tata letak pada web balok :

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} \quad 3 \text{ db} &< S < 15 \text{ tp} \\
 3 \cdot 22 &< S < 15 \cdot 10 \\
 66.7 &< S < 150 \\
 \\
 \text{Jarak tepi baut} \quad 1.5 \text{ db} &< S < 4 \text{ tp} \\
 1.5 \cdot 22 &< S < 4 \cdot 10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 33.3 < S < 40 \\
 \text{Panjang } shaer \text{ plat} &= 3 \left[75 \right] + 2 \left[30 \right] = 285 \text{ mm} \\
 t &= \frac{V_u}{0.9 \times 0.6 f_y \cdot b} = \frac{172505.41}{0.9 \times 0.6 \times 240 \times 285} \\
 &= 4.670 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gunakan shear plate dengan ukuran 10 x 285 mm² sebagai penyambung shear plate dengan flens kolom digunakan las sudut ukuran a = 6 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned}
 t_e &= 0.707 \cdot a \\
 &= 0.707 \cdot 6 \\
 &= 4.242 \text{ mm} \\
 \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot a) (0.6 f_u \text{ las}) \\
 &= 0.75 \times (0.707 \times 4.242) \times (0.6 \times 485) \\
 &= 654.55 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Panjang las sudut yang diperlukan

$$\frac{V_u}{\Phi R_n} = \frac{172505.41}{654.55} = 263.55 \text{ mm}$$

Luas efektif las pada pada plat badan

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal plat} \\
 &= 264 \times 10 \\
 &= 2635 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_u \text{ las} \times A_{we} \\
 &= 485 \times 2635.472 \\
 &= 1278203.9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan las

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi R_n \\
 R_u &\leq 0.75 R_n \\
 172505 \text{ N} &\leq 0.75 \times 1278203.87 \text{ N} \\
 172505 \text{ N} &< 958652.90 \text{ N}
 \end{aligned}$$

OK

Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tarik balok :

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= \Phi 6.25 f_y t_f^2 \\
 &= 0.9 \times 6.25 \times 240 \times 1024 \\
 &= 1382400 \text{ N} \\
 &= \Phi R_n > T_u \\
 &= 1382400 > 712764 \text{ N} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tekan balok :

untuk $N/2 > 0.2$

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0.39 t_w^2 \left[1 + \left[4 \left(\frac{N}{d} \right) - 0.2 \right] \left(\frac{t_w^{1.5}}{t_f} \right) \right] \sqrt{\frac{E \times f_{yw} \times t_f}{t_w}} \\
 &= 0.39 \times 256 \left[1 + \left[4 \left(\frac{1715}{500} \right) - 0.2 \right] \left(\frac{16^{1.5}}{32} \right) \right] \sqrt{\frac{200000 \times 240 \times 32}{16}} \\
 &= 0.9 \times 949591.3547 > 712764 \\
 &= \Phi R_n > T_u \\
 &= 854632.2193 > 712764 \text{ N} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

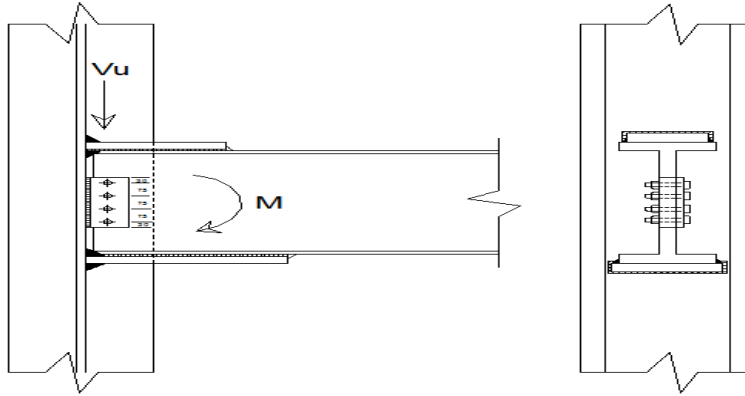
Jadi tidak perlu dipasang pengaku

Geser pada web kolom :

$$\begin{aligned}
 \Phi V_n &= \Phi 0.7 f_y d_c t_w \\
 &= 0.9 \times 0.7 \times 240 \times 500 \times 16 \\
 &= 1209600 \\
 &= \Phi R_n > T_u \\
 &= 1209600 > 712764 \text{ N} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

B.Sambungan Balok Kolom Web



Didapat nilai gaya lintang (V_u) dan nilai Momen (M_u) dari program bantu Staad pro 2008 sebesar :

$$\begin{aligned} V_u &= 17250.5 \text{ kg} &= 172505.41 \text{ N} \\ M_u &= 356.38 \text{ kNm} &= 356382000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Perhitungan pelat penyambung atas (flens tarik):

Sambungan las

$$\begin{aligned} \text{Pelat berukuran} &= 20 \times 175 \\ \text{Las sudut (a)} &= 10 \text{ mm} \\ f_u \text{ las} &= 485 \text{ Mpa} \\ f_y \text{ plat} &= 240 \text{ Mpa} \\ \text{Tebal plat} &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tahanan rencana :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u}{d} = 712764 \text{ N} \\ A_g &= 20 \times 175 = 3500 \text{ mm}^2 \\ \Phi T_n &= 0.9 \cdot A_g \cdot f_y \\ \Phi T_n &= 0.9 \times 3500 \times 240 = 756000 \text{ N} \end{aligned}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran $a = 10 \text{ mm}$ dengan kapasitas

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 10 \\ &= 7.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi \quad R_n &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot t_e) (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\
 &= 0,75 \cdot x (0,707 \cdot x \cdot 7,07) \cdot x (0,6 \cdot x \cdot 485) \\
 &= 1090.920443 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Kuat rencana :

Las

$$\begin{aligned}
 \Phi \quad R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot a) (0,6 \cdot f_u \text{ las}) \\
 &= 0,75 \cdot x (0,707 \cdot x \cdot 7,07) \cdot x (0,6 \cdot x \cdot 485) \\
 &= 1090.920443 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned}
 \Phi \quad R_{nw} &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot t_e) (0,6 \cdot f_u \text{ plat}) \\
 &= 0,75 \cdot x (0,707 \cdot x \cdot 7,07) \cdot x (0,6 \cdot x \cdot 240) \\
 &= 539.83692 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Panjang las yang diperlukan

$$\begin{aligned}
 L_w &= \frac{\Phi \quad T_n}{\Phi \quad R_{nw}} = \frac{756000}{1090.920443} \\
 &= 692.993 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Gunakan las sepanjang 175 mm (pada ujung plat) dan 330 mm (pada kedua sisi)

Luas penampang penyambung pada pada plat sayap

$$\begin{aligned}
 A_{BM} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal plat} \\
 &= 693 \times 20 \\
 &= 13859.856 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_u \text{ las} \times A_{BM} \\
 &= 485 \times 13859.856 \\
 &= 6722030 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan las

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi \quad R_n \\
 R_u &\leq 0,75 \quad R_n \\
 712764 \text{ N} &\leq 0,75 \quad 6722030 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$712764 \text{ N} < 5041523 \text{ N}$$

OK

Perhitungan pelat penyambung bawah (flens tekan):

Sambungan las

$$\text{Pelat berukuran} = 20 \times 220 \text{ mm}$$

$$\text{Las sudut (a)} = 10 \text{ mm}$$

$$f_u \text{ las} = 485 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tegangan tarik plat} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal plat} = 20 \text{ mm}$$

Tahanan rencana :

$$T_u = \frac{M_u}{b} = 712764 \text{ N}$$

Luas pelat penyambung :

$$A_g = 20 \times 220 = 4400 \text{ mm}^2$$

$$\Phi T_n = 0.9 \cdot A_g \cdot f_y$$

$$\Phi T_n = 0.9 \times 4400 \times 240 = 950400 \text{ N}$$

Las sambung gunakan las sudut ukuran a = 10 mm dengan kapasitas

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 10 \\ &= 7.07 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 485) \\ &= 1090.920443 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kuat rencana :

Las

$$\begin{aligned} \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_u \text{ las}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 485) \\ &= 1090.920443 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Plat penyambung

$$\begin{aligned} \Phi R_{nw} &= 0.75 \cdot (0.707 \cdot t_e) \cdot (0.6 \cdot f_y \text{ plat}) \\ &= 0.75 \times (0.707 \times 7.07) \times (0.6 \times 240) \\ &= 539.83692 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang las yang diperlukan

$$= \frac{\Phi \quad T_n}{\Phi \quad R_{nw}} = \frac{950400}{1090.920443}$$

$$= 871.191 \quad \text{mm}$$

Gunakan las sepanjang 220 mm (pada ujung plat) dan 280 mm (pada kedua sisi)

Luas efektif las pada pada plat badan

$$A_{we} = \text{Panjang Las x Tebal plat}$$

$$= 871.191 \quad \times \quad 20.0$$

$$= 17424 \quad \text{mm}^2$$

Kekuatan Las

$$R_n = f_u \text{ las} \quad \times \quad A_{we}$$

$$= 485 \quad \times \quad 17424$$

$$= 8450552 \quad \text{N}$$

Kontrol Kekuatan las

$$R_u \leq \Phi \quad R_n$$

$$R_u \leq 0.75 \quad R_n$$

$$712764 \quad \text{N} \leq 0.75 \quad 8450552 \quad \text{N}$$

$$712764 \quad \text{N} < 6337914 \quad \text{N}$$

OK

Perhitungan sambungan plat geser :

Sambungan baut

Baut penyambung menggunakan baut:

$$\begin{aligned} \text{Tipe baut} &= \text{A325} \\ \text{diameter baut} &= 7/8 \text{ in.} = 22.225 \quad \text{mm} \\ A_b &= \frac{1}{4} \times \pi \quad d^2 \\ &= 387.75124 \quad \text{mm}^2 \\ \text{kuat tarik min.} &= 825 \quad \text{Mpa} \\ \text{tebal plat} &= 10 \quad \text{mm} \\ f_u \text{ las} &= 485 \quad \text{Mpa} \end{aligned}$$

Tahanan nominal baut

Geser :

bidang geser :

$$\begin{aligned}\Phi R_n &= \Phi \cdot 0.4 f_u \cdot A_b \\ &= 0.75 \times 0.4 \times 485 \times 387.8 \\ &= 56417.806 \text{ N} \\ n &= \frac{V_u}{\Phi R_n} = \frac{172505.41}{56417.806} = 3.0576413 = 4 \text{ baut}\end{aligned}$$

Kontrol kekuatan terhadap baut

$$\begin{aligned}V_{ub} &= \frac{V_u}{n} \leq \Phi R_n \\ &= \frac{172505.41}{4} \\ &= 43126.3525 \text{ N} < 56417.806 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Sehingga jumlah baut memenuhi kuat geser

Tata letak pada web balok :

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} \quad 3 \text{ db} &< S < 15 \text{ tp} \\ 3 \cdot 22 &< S < 15 \cdot 10 \\ 66.7 &< S < 150\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak tepi baut} \quad 1.5 \text{ db} &< S < 4 \text{ tp} \\ 1.5 \cdot 22 &< S < 4 \cdot 10 \\ 33.3 &< S < 40\end{aligned}$$

$$\text{Panjang shaer plat} = 3 \left[75 \right] + 2 \left[30 \right] = 285 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}t &= \frac{V_u}{0.9 \times 0.6 f_y \cdot b} = \frac{172505.41}{1 \times 0.6 \times 240 \times 285} \\ &= 4.670 \text{ mm}\end{aligned}$$

Gunakan shear plate dengan ukuran $10 \times 285 \text{ mm}^2$ sebagai penyambung shear plate dengan flens kolom digunakan las sudut ukuran $a = 6 \text{ mm}$ dengan kapasitas

$$\begin{aligned}t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 6 \\ &= 4.242 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= 0,75 \cdot (0,707 \cdot t_e) (0,6 f_u \text{ las}) \\
 &= 0,75 \times (0,707 \times 4,242) \times (0,6 \times 485) \\
 &= 654,55 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

Panjang las sudut yang diperlukan

$$\frac{V_u}{\Phi R_n} = \frac{172505,41}{654,55} = 263,55 \text{ mm}$$

Luas efektif las pada pada plat badan

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= \text{Panjang Las} \times \text{Tebal plat} \\
 &= 264 \times 10 \\
 &= 2635 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kekuatan Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_u \text{ las} \times A_{we} \\
 &= 485 \times 2635,472 \\
 &= 1278203,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan las

$$\begin{aligned}
 R_u &\leq \Phi R_n \\
 R_u &\leq 0,75 R_n \\
 172505 \text{ N} &\leq 0,75 \cdot 1278203,87 \text{ N} \\
 172505 \text{ N} &< 958652,90 \text{ N} \quad \quad \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tarik balok :

$$\begin{aligned}
 \Phi R_n &= \Phi \cdot 6,25 f_y \cdot t_f^2 \\
 &= 0,9 \times 6,25 \times 240 \times 1024 \\
 &= 1382400 \text{ N} \\
 &= \Phi R_n > T_u \\
 &= 1382400 > 712764 \text{ N} \quad \quad \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

Perhitungan pengaku flens kolom pada flens tekan balok :

untuk $N/2 > 0,2$

$$\begin{aligned}
\Phi R_n &= 0.39 t_w^2 \left[1 + \left[4 \left(\frac{N}{d} \right) - 0.2 \left(\frac{t_w^{1.5}}{t_f} \right) \right] \sqrt{\frac{E x f_{yw} x t_f}{t_w}} \right] \\
&= 0.39 \times 256 \left[1 + \left[4 \left(\frac{1715}{500} \right) - 0.2 \left(\frac{16^{1.5}}{32} \right) \right] \sqrt{\frac{200000 x 240 x 32}{16}} \right] \\
&= 0.9 x 949591.3547 > 712764 \\
&= \Phi R_n > Tu \\
&= 854632.2193 > 712764 \quad \mathbf{N} \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

Geser pada web kolom :

$$\begin{aligned}
\Phi V_n &= \Phi 0.7 f_y d_c t_w \\
&= 0.9 x 0.7 x 240 x 500 x 16 \\
&= 1209600 \\
&= \Phi R_n > Tu \\
&= 1209600 > 712764 \quad \mathbf{N} \quad \mathbf{OK}
\end{aligned}$$

Jadi tidak perlu dipasang pengaku

4.4 Perhitungan Pelat Landasan (Base Plate)

Hasil Output dari program Staad Pro

$$P_u = 288816.54 \text{ kg}$$

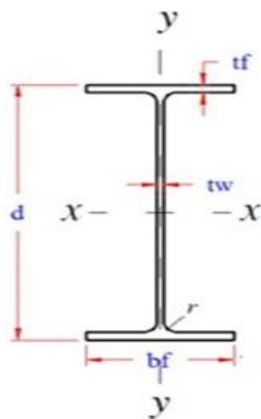
$$M_u = 14456 \text{ kgm}$$

$$V_u = 6845.69 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh (f_y) : 240 MPa
- Tegangan putus (f_u) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Kuat geser nominal angkur (F_v) : 166 MPa
- Mutu Beton (f'_c) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f'_c}$
: $4700 \sqrt{25}$
: 23500 MPa

Baut yang digunakan : A325

- Kuat tarik minimum f_{ub} : 620 MPa = 6200 kg/cm²
- Tegangan geser baut f_{nv} : 372 Mpa = 3720 kg/cm²
- Diameter baut angku \emptyset : 2 cm
- Luas baut A_b : $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 2.84 \text{ cm}^2$

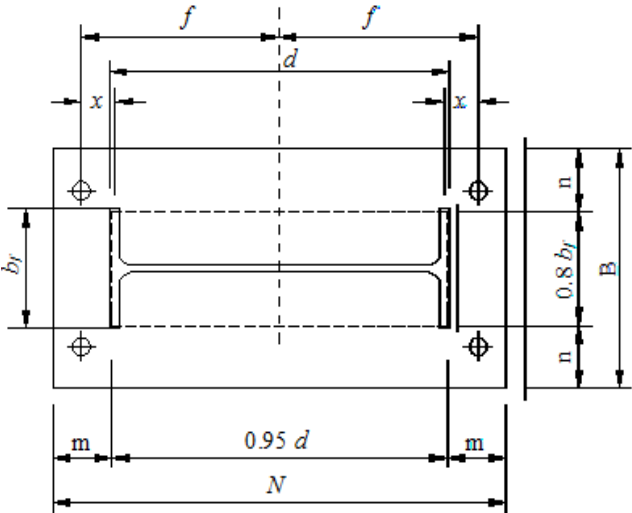


Dari tabel baja diperoleh:

$d = 500 \text{ mm}$	$I_x = 186543 \text{ cm}^4$
$b_f = 500 \text{ mm}$	$I_y = 66682 \text{ cm}^4$
$t_w = 16 \text{ mm}$	$i_x = 21.9 \text{ cm}$
$t_f = 32 \text{ mm}$	$i_y = 13.08 \text{ cm}$
$r = 22 \text{ mm}$	$S_x = 7461.7 \text{ cm}^3$
$A_g = 389.8 \text{ cm}^2$	$S_y = 2667.3 \text{ cm}^3$
$w = 307.9 \text{ kg/m}$	$Z_x = 8248.4 \text{ cm}^3$

$$Z_y = 4027.9 \text{ cm}^3$$

Mencari dimensi Base Plate yang akan di gunakan



$$N = 800 \text{ mm}$$

$$B = 700 \text{ mm}$$

$$f = 600 \text{ mm}$$

Jumlah angkur Yang digunakan 4 buah Ø 19

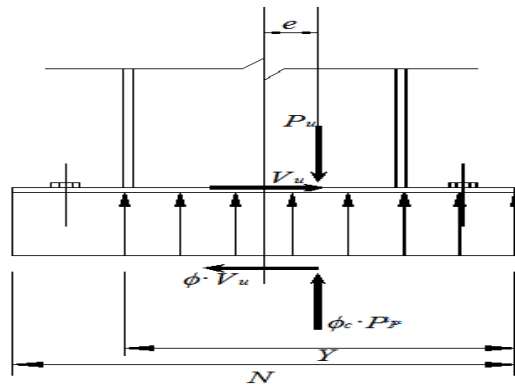
Menghitung besaran m , x dan n :

$$m = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} = \frac{800 - 0.95 \cdot 500}{2} = 163 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.8 \cdot b_f}{2} = \frac{700 - 1 \cdot 500}{2} = 150.00 \text{ mm}$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} = \frac{600}{2} - \frac{500}{2} + \frac{32}{2} = 66.00 \text{ mm}$$

$$n' = \text{[Diagram: A sawtooth wave with a period of 250.00 mm. The wave starts at a low level, rises linearly to a high level, and then falls linearly back to the low level. The rising and falling segments are labeled with arrows and the value 250.00 mm.]}$$



Menghitung eksentrisitas:

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{14456 \cdot 1000}{288816.54} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Y &= N - 2 \cdot e \\ &= 800 - 2 \cdot 50.05 \\ &= 699.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= B \cdot Y & A_2 &= N \cdot B \\ &= 700 \cdot 699.89 & &= 800 \cdot 700 \\ &= 489926 \text{ mm}^2 & &= 560000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung tegangan tumpu pada beton

$$\begin{aligned} q &= (0.60) \cdot (0.85) \cdot f'_c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A_1}{A_2}} \\ &= 0.60 \cdot 0.85 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 699.89 \cdot \sqrt{\frac{560000}{489926.45}} \\ &= 6678357.17 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{maks} &= (0.60) \cdot (0.85) \cdot f'_c \cdot B \cdot Y \cdot (2) \\
 &= 0.60 \cdot 0.85 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 699.89 \cdot 2 \\
 &= 12493124.50 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Syarat: } P_u &\leq q \leq q_{maks} \\
 2888165.4 &< 6678357.17 < 12493124.50 \quad \text{..... Ok}
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan angkur terhadap gaya geser dan tarik

Digunakan 4 Buah Angkur Ø 19

- Gaya geser terfaktor pada angkur

$$V_{ub} = \frac{V_u}{n} = \frac{6846 \cdot 10}{4} = 17114.2 \text{ N}$$

Tegangan Geser yang terjadi pada angkur

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot F_v \cdot A_b &= 0.75 \cdot 166 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 \\
 &= 35313.54 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned}
 V_{ub} &< \phi \cdot F_v \cdot A_b \\
 17114.23 &< 35313.54 \quad \text{..... Ok!}
 \end{aligned}$$

Tegangan Tarik yang terjadi pada angkur

$$f_v = \frac{V_{ub}}{A_b} = \frac{17114.23}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2} = 60.34$$

$$\begin{aligned}
 F_t &= 407 \cdot 1.9 \cdot f_v \leq 310 \text{ MPa} \\
 &= 407 \cdot 1.9 \cdot 60.34 \leq 310 \text{ MPa} \\
 &= 292.36 \text{ MPa} \leq 310 \text{ MPa} \quad \text{..... Ok!}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tebal Base Plate

$$t \geq 1.40 \sqrt{\frac{P_u}{\phi \cdot F_y}}$$

$$t_p \text{ perlu} \leq 1.49 \cdot \sqrt{V}$$

$$t_p \text{ perlu} \geq 1.49 \cdot \sqrt{250.00}$$

$$t_p \text{ perlu} \geq 58.38 \text{ mm}$$

Perhitungan panjang angkur

Panjang angkur yang ditanam minimum yang di perlukan (L) yakni :

$$\begin{aligned} L &= \frac{f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d \\ &= \frac{620}{4 \cdot \sqrt{25}} \cdot 19 \\ &= 589 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil Panjang angkur L = 600 mm

- Perhitungan las fillet pada Profil WF :

$$\text{electrode E110} \quad f_{uw} = 760 \text{ N/mm}^2$$

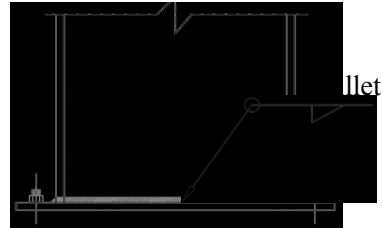
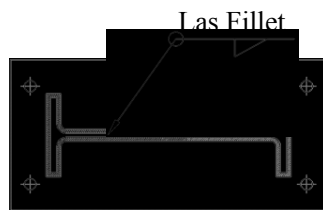
$$\text{tebal las rencana} = 25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 25 \\ &= 17.68 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot \pi \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 500) + (4 \cdot 32) + (2 \cdot \pi \cdot 22) + (2 \cdot (500 - 16 - 2 \cdot 22)) \\ &\quad + (2 \cdot (500 - 2 \cdot 32 - 2 \cdot 22)) \\ &= 2930.29 \text{ mm} \end{aligned}$$



Luas Efektif Las

$$\begin{aligned} A_{we} &= L \cdot t_e \\ &= 2930.29 \cdot 17.68 \\ &= 51793 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per mm^2

$$\begin{aligned} f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\ &= 0.60 \cdot 760 \\ &= 456.00 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned} R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\ &= 456.00 \cdot 51792.8 \\ &= 23617516.8 \text{ N} \\ \phi R_n &= 0.75 \cdot 23617516.8 \\ &= 17713137.6 \text{ N} \rightarrow 1771313.76 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada kolom

$$\begin{aligned} F &= A_s \cdot f_y \\ &= 38980 \cdot 240 \\ &= 9355200 \text{ N} \rightarrow 935520 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &> F \\ 1771313.76 \text{ kg} &> 935520 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dan perencanaan gedung dengan portal baja didapat suatu kesimpulan :

- a. Perencanaan balok dengan memperhitungkan aksi komposit dari plat akan menambah besar momen inersia balok baja sehingga kekuatan balok menjadi lebih besar khususnya pada daerah momen positif, di mana momen mengalami tekan.
- b. Untuk mencapai aksi komposit yang diharapkan maka hal yang terpenting adalah adanya shear connector atau penghubung geser untuk mencegah terjadinya geser, sehingga dengan hilangnya gaya geser antara plat lantai dan balok baja maka keduanya menjadi satu kesatuan dalam menahan momen.
- c. Perencanaan kolom baja akan memperbesar luasan potongan melintang sehingga kekuatan untuk menerima beban tekan menjadi semakin besar.
- d. Perencanaan dengan menggunakan metode LRFD akan memberi kekuatan yang lebih realistis karena didasarkan pada tegangan leleh baja, namun tetap aman karena didalam perencanaannya tetap dikalikan factor reduksi sebagai angka keamanan.

5.2 Saran

Dengan kemajuan teknologi saat ini, perencanaan struktur gedung portal, kita dapat merencanakan dengan menggunakan fasilitas program bantu contohnya STAAD PRO yang mampu menghasilkan penulangan dengan hasil output secara langsung, tetapi tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang ada akan lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan.

Daftar Pustaka

Moestopo, Muslinang Ir.Ph.D, I-PU 2014 *Perencanaan Struktur Baja Tahan*

Gempa. Jakarta : Shortcourse HAKI

SNI-03-1729-2002. *Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung*.

Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

SNI-1729-2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta :

Departemen Pekerjaan Umum.

SNI-031726-2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur*

bangunan gedung dan non gedung. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

SNI-031727-2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan*

Struktur Lain. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

PPIUG-1987. *Pembebanan struktur berdasarkan Peraturan Pembebanan*

Indonesia untuk Rumah dan Gedung. Jakarta : Departemen Pekerjaan

Umum.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*

(*Berdasarkan SNI 03-1729-2002*). Jakarta : Erlangga.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala Puji Syukur Kehadirat Allah SWT, sumber segala hikmah dan ilmu pengetahuan. Shalawat dan salam bagi junjungan nabi besar kita, Muhammad SAW. Beribu kata ucapan syukur tidak mampu menggambarkan dan mengungkapkan perasaan dan emosi yang penulis rasakan saat ini.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis telah mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, serta bantuan dari berbagai pihak. Entah itu dukungan fisik maupun psikis. Dengan bantuan yang diberikan, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Terimakasih untuk kedua orang tua saya alm. Lalu Kahar dan Roswati yang selalu menopang saya apapun keadaan saya, yang tak pernah lelah memberikan semangat, dorongan, nasehat, kasih sayang, serta pengorbanan yang tak akan pernah tergantikan oleh siapapun, dan yang tak pernah henti memberikan doa restunya sehingga saya bisa sampai pada ke tahap ini.
2. Terimakasih untuk keluarga Yul Chaidir yang telah banyak membantu dalam proses kuliah saya selama di Malang
3. Terimakasih juga untuk Om Amin se-keluarga yang telah banyak membantu preoses kuliah saya selama ini.
4. Terimakasih juga untuk saudara-saudaraku “Dikanjuruan Asri No. A.28”, Rendi, Laras, Alvi cepat menyusul wisuda juga, dan juga Gigha rajin belajar jangan pemalas ingat sudah SMA.

5. Untuk Nurul Atika “terima kasih atas doa dan dukungannya, yang selalu bikin semangat, selalu bilang harus menyelesaikan skripsi baru boleh main ke Bandung. I Always Miss You.
6. Untuk saudara-saudaraku satu kos “Jalan Raya Candi IIIA” yang ikut memeriahkan hari-hari saya selama proses pengerjaan skripsi ini Aris, Yayak, Ibnu, Gusti Made.
7. Terimakasih juga untuk temen-teman satu perjuangan saya di “PERACS SQUAD” Aris, Budi, Via, Kak Jecky, Ivan, Maya, Ecce, Pak Beni, Ikke.
8. Tak lupa kepada guru saya Trias Sembodo yang selalu meuntun dengan tak kenal lelah tanpa pamrih saat mengerjakan skripsi sampai larut malam, membimbing saya dalam mengerjakan revisi, terimakasih karena telah memberikan semangat, tuntunan serta bimbingan kepada saya untuk lebih berani menghadapi kerasnya kehidupan yang sebenarnya.
9. Terimakasih juga kepada sahabat saya dikampus yang selalu memberi semangat serta membantu saat mengerjakan skripsi, Billy, Adi, Aviv, Zul, Dimas, Anugrah, Risky, Umha

Dan untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya. Terimakasih atas semua dukungan dan doanya. Semoga Allah SWT selalu memberikan balasan untuk semua keikhlasan yang telah diberikan kepaa penulis.



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
PADA GEDUNG KULIAH FAKULTAS
ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

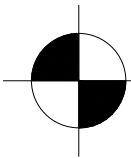
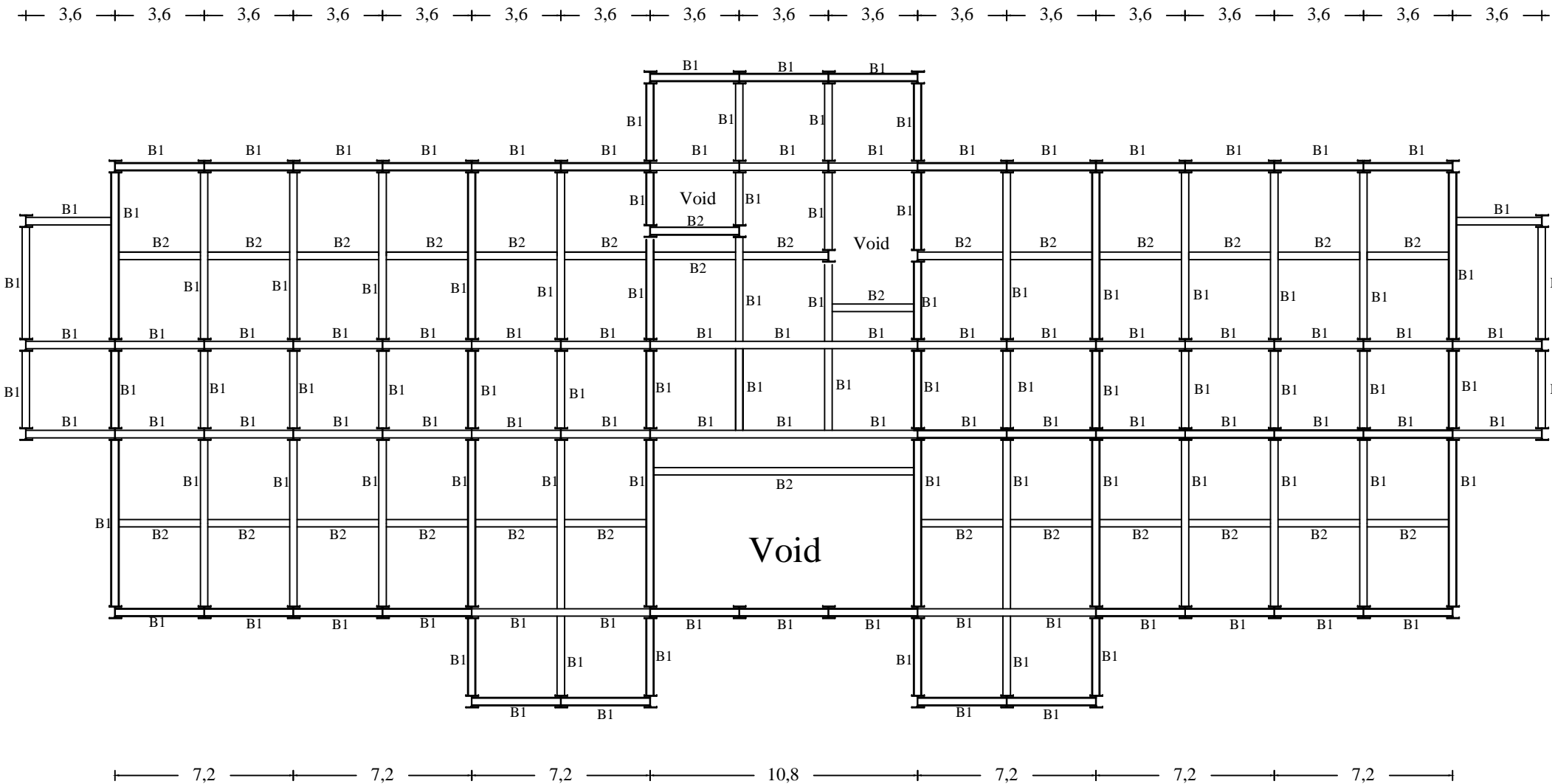
Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

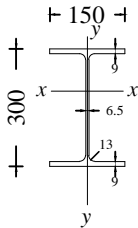
Denah Pembalokan Lantai 2 dan 3

Nomor Gambar : Skala Gambar :

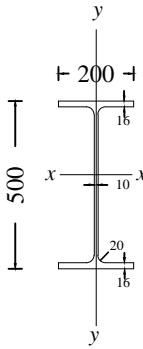
Jumlah Gambar : 1 : 200



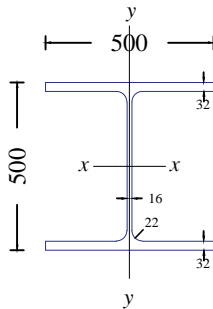
DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2 Dan 3
Skala 1 : 200



B₂ = Balok Anak WF 300 x 150



B₁ = Balok Induk WF 500 x 200



Kolom H Beam 500 x 500



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
PADA GEDUNG KULIAH FAKULTAS
ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

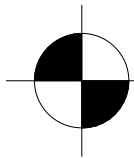
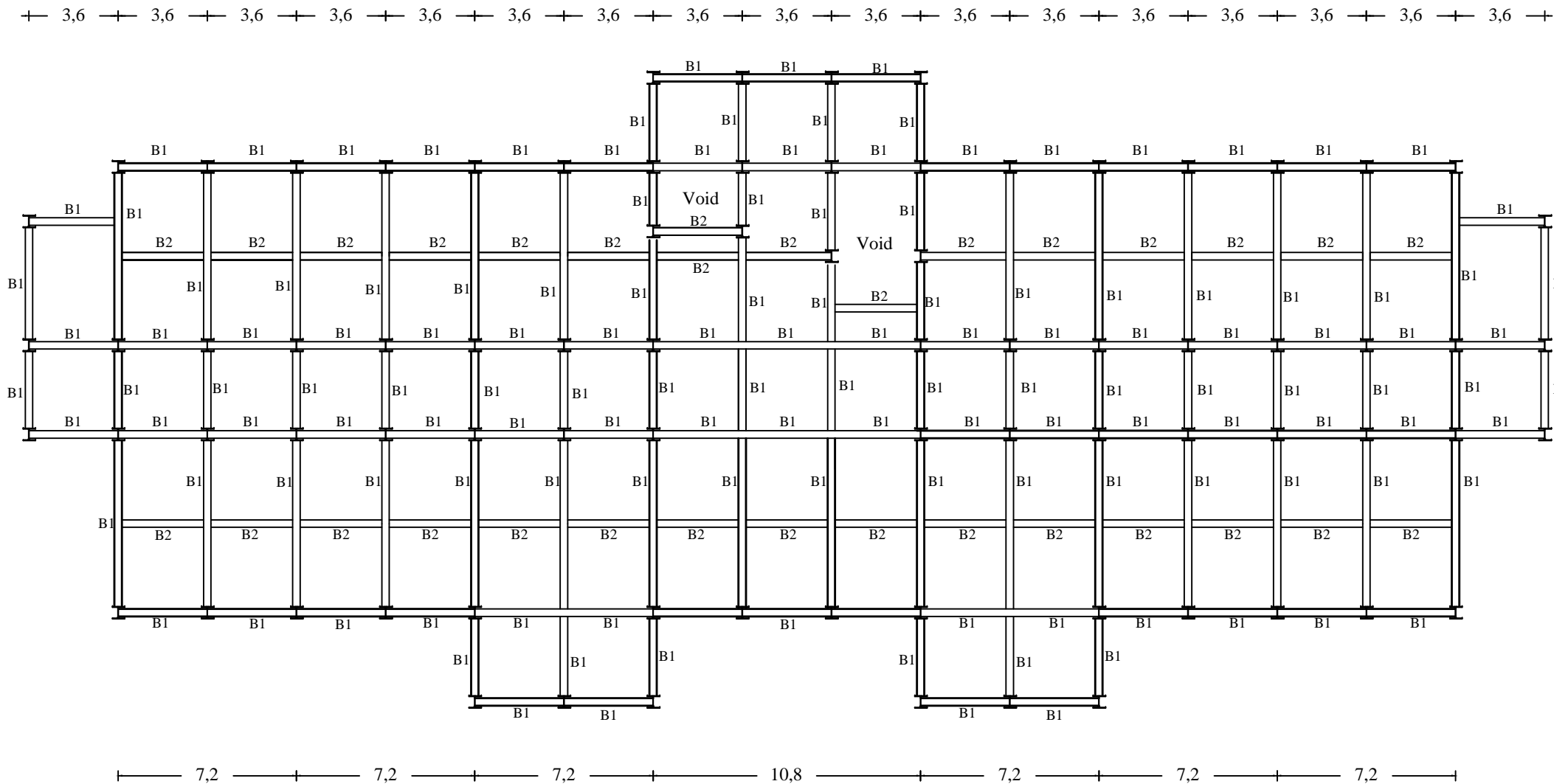
Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

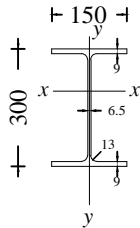
Denah Pembalok Lantai 4 - 7

Nomor Gambar : Skala Gambar :

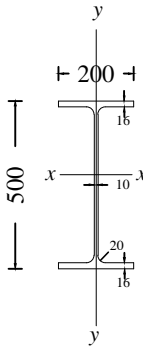
Jumlah Gambar : 1 : 200



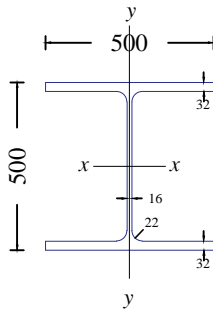
DENAH PEMBALOKAN LANTAI 4 - 7
Skala 1 : 200



B₂ = Balok Anak WF 300 x 150



B₁ = Balok Induk WF 500 x 200



Kolom H Beam 500 x 500



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
PADA GEDUNG KULIAH FAKULTAS
ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

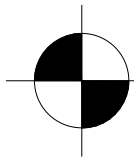
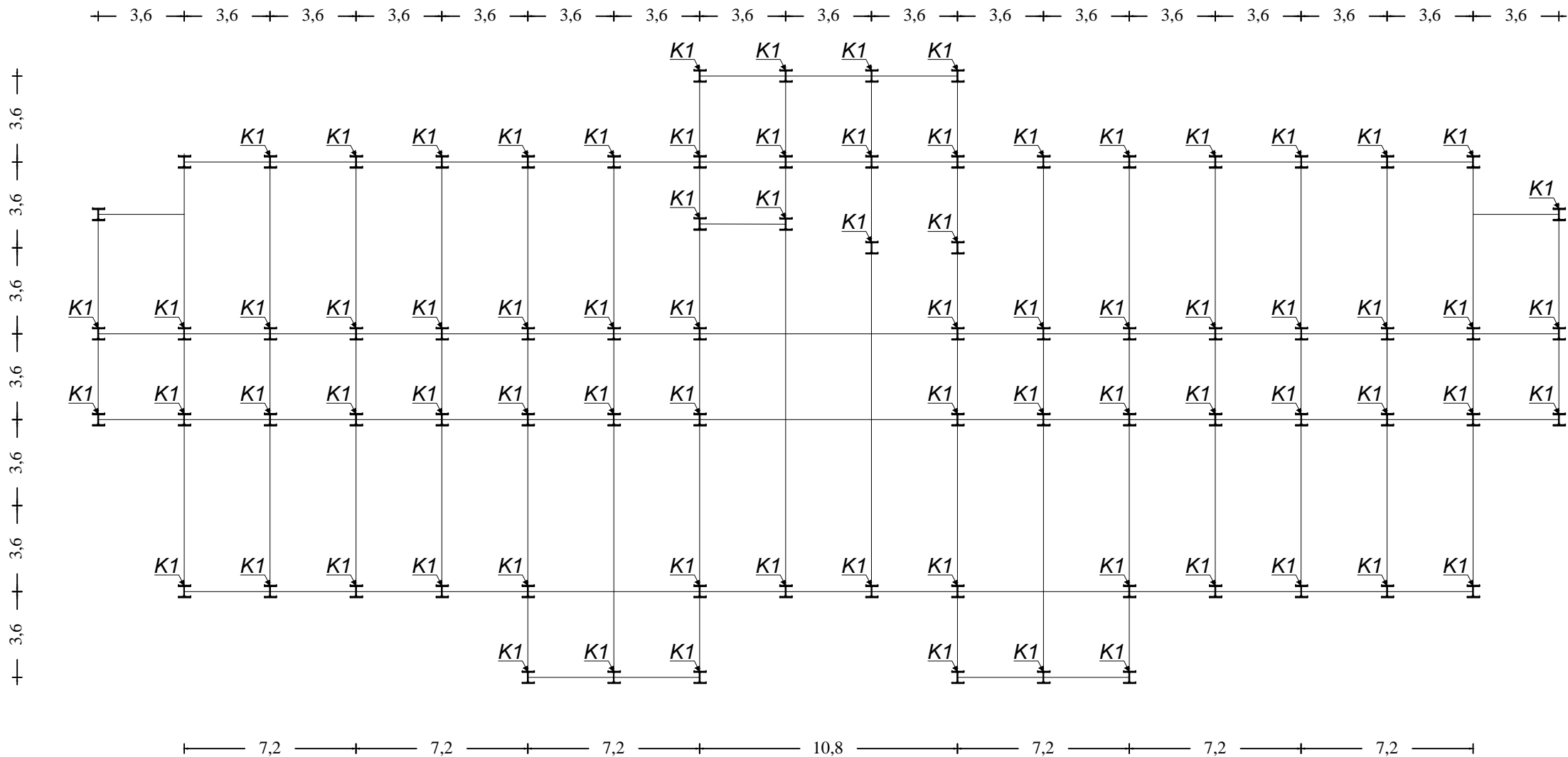
Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

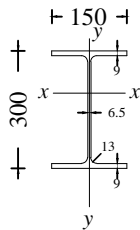
Denah Kolom

Nomor Gambar : Skala Gambar :

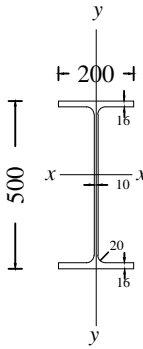
Jumlah Gambar : 1 : 200



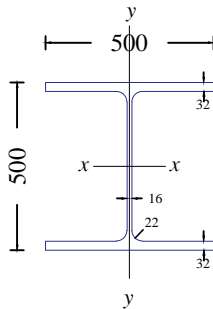
DENAH KOLOM
Skala 1 : 200



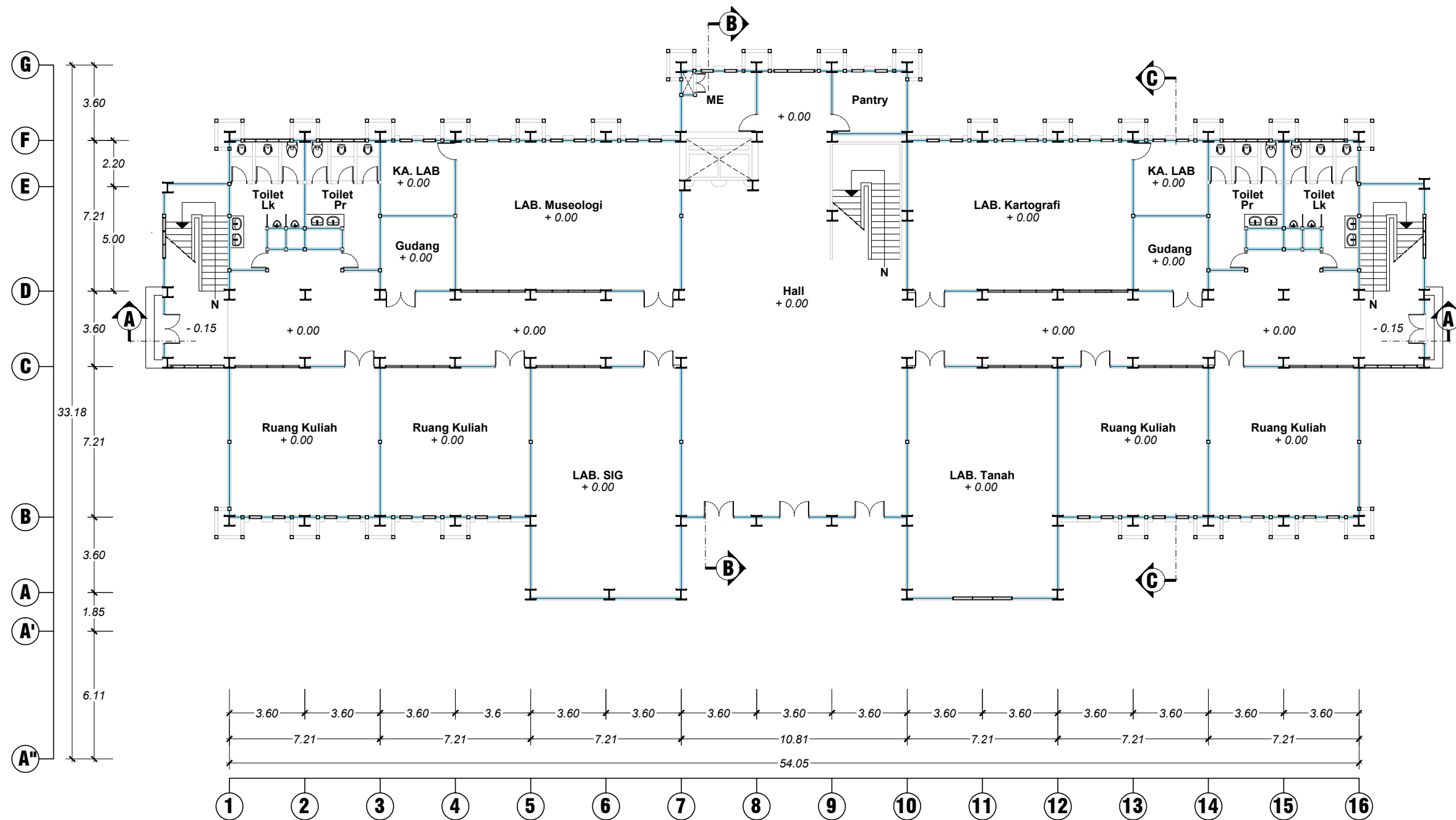
B₂ = Balok Anak WF 300 x 150



B₁ = Balok Induk WF 500 x 200



Kolom H Beam 500 x 500



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian

Nim : 12.21.127

Mohamad Rian

Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

Denah Lantai 1

Nomor Gambar : Skala Gambar :

Jumlah Gambar :

1 : 100

1 : 100



**STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUSPADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

**GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG**

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Moh. Erfan, ST. M.T.

Di Rencanakan Oleh :

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

1 : 100





PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUSPADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

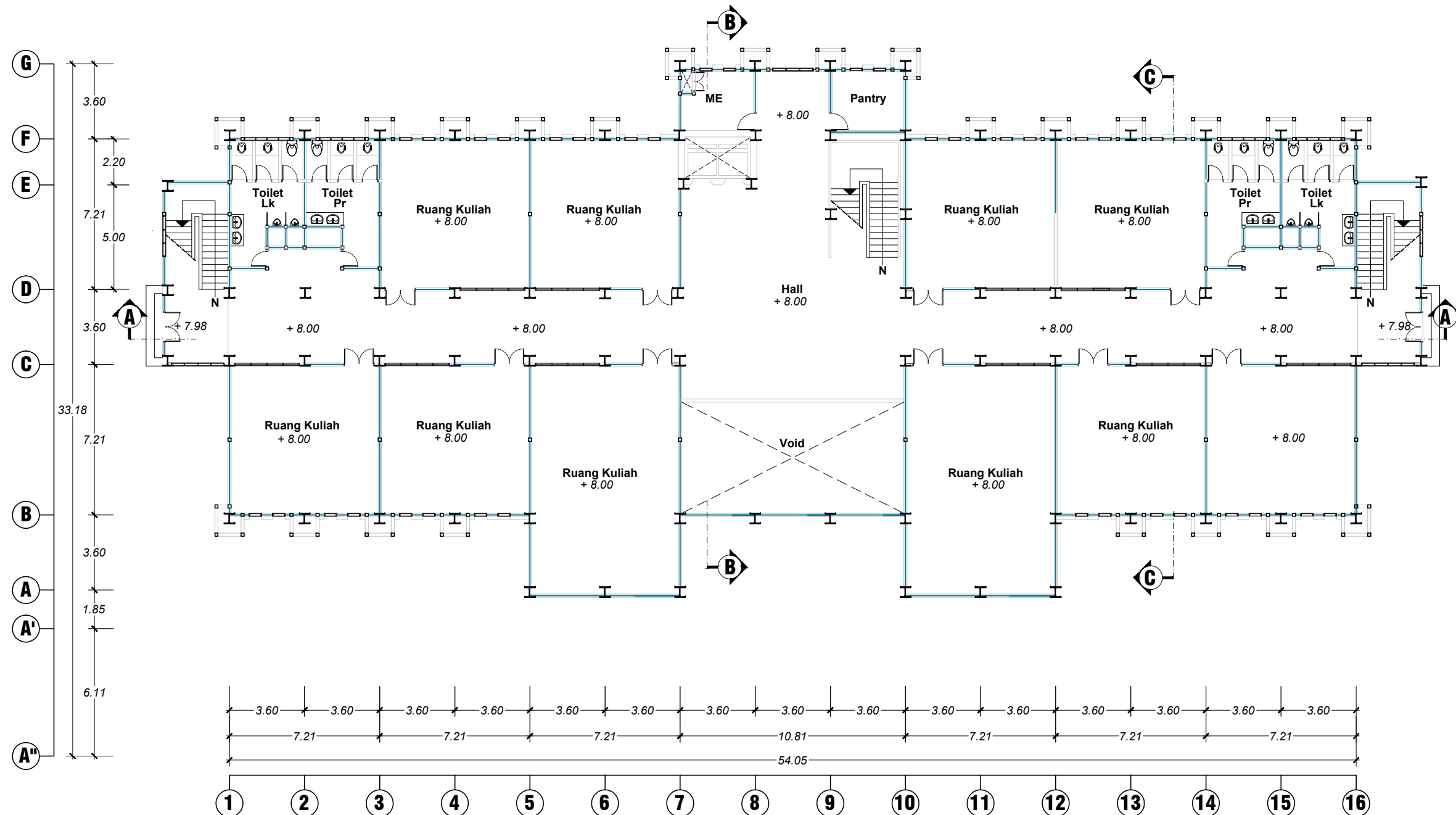
Denah Lantai 3

Nomor Gambar : Skala Gambar :

1 : 100

Jumlah Gambar :

1 : 100



Denah Lt. 3
Skala 1 : 200



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

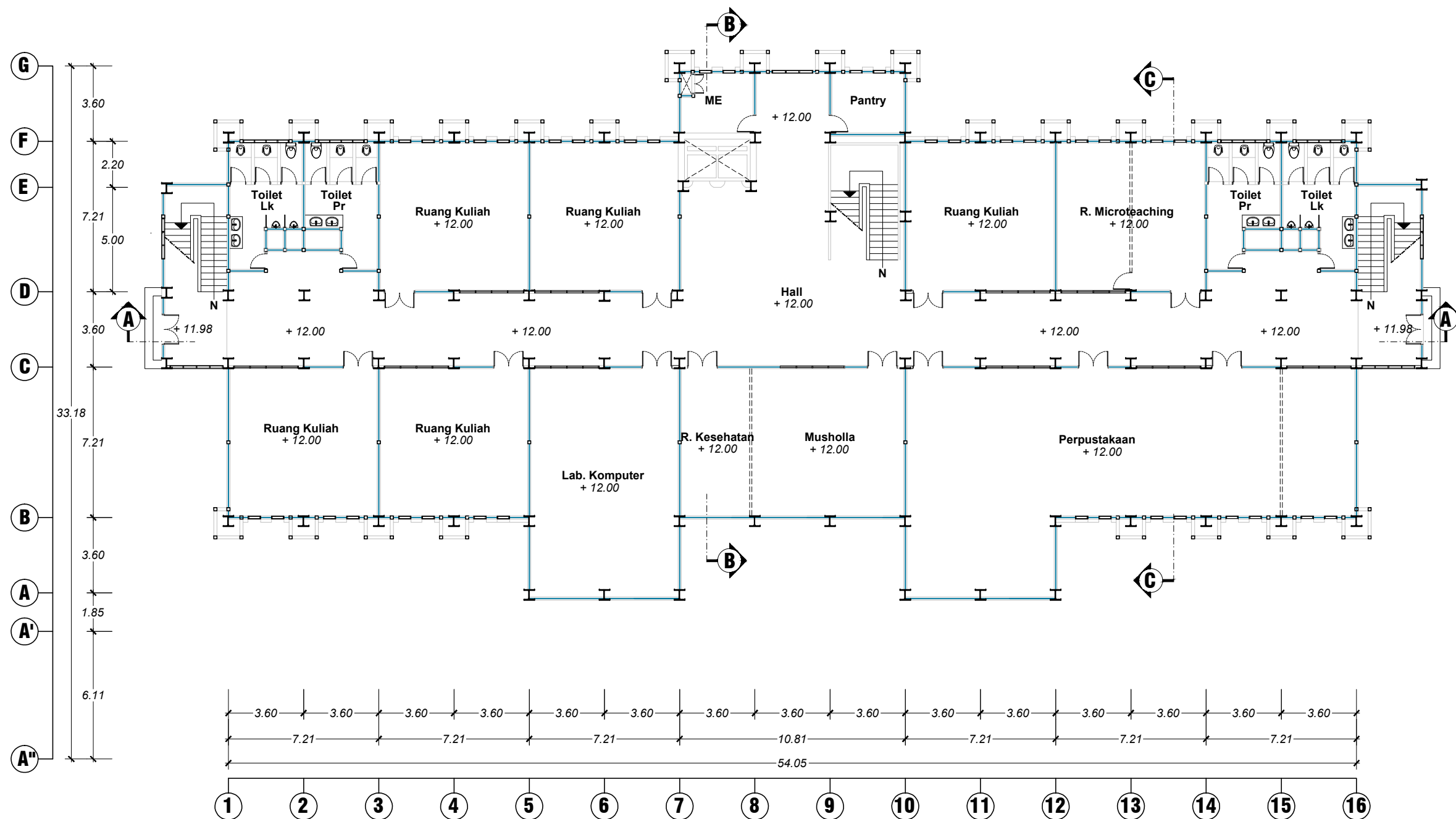
Denah Lantai 4

Nomor Gambar : Skala Gambar :

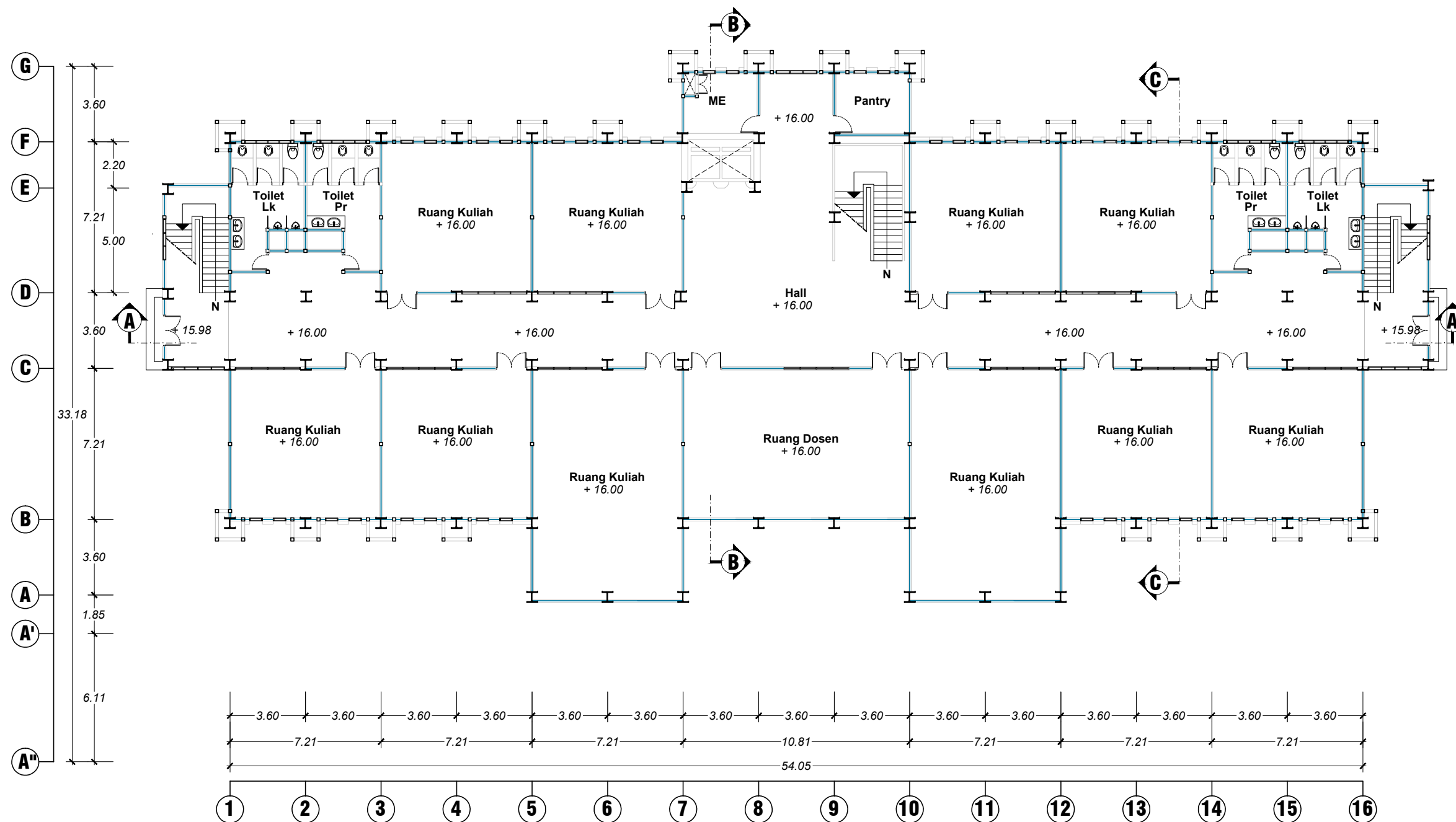
1 : 100

Jumlah Gambar :

1 : 100



Denah Lt. 4
Skala 1 : 200



Denah Lt. 5
Skala 1 : 200



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

Denah Lantai 5

Nomor Gambar : Skala Gambar :

Jumlah Gambar : 1 : 100

1 : 100



**STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUSPADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG**

**GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG**

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Moh. Erfan, ST. M.T.

Mohamad Rian
Nim : 12.21. 127

1 : 100





PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUSPADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian

Nim : 12.21.127

Mohamad Rian

Nim : 12.21.127

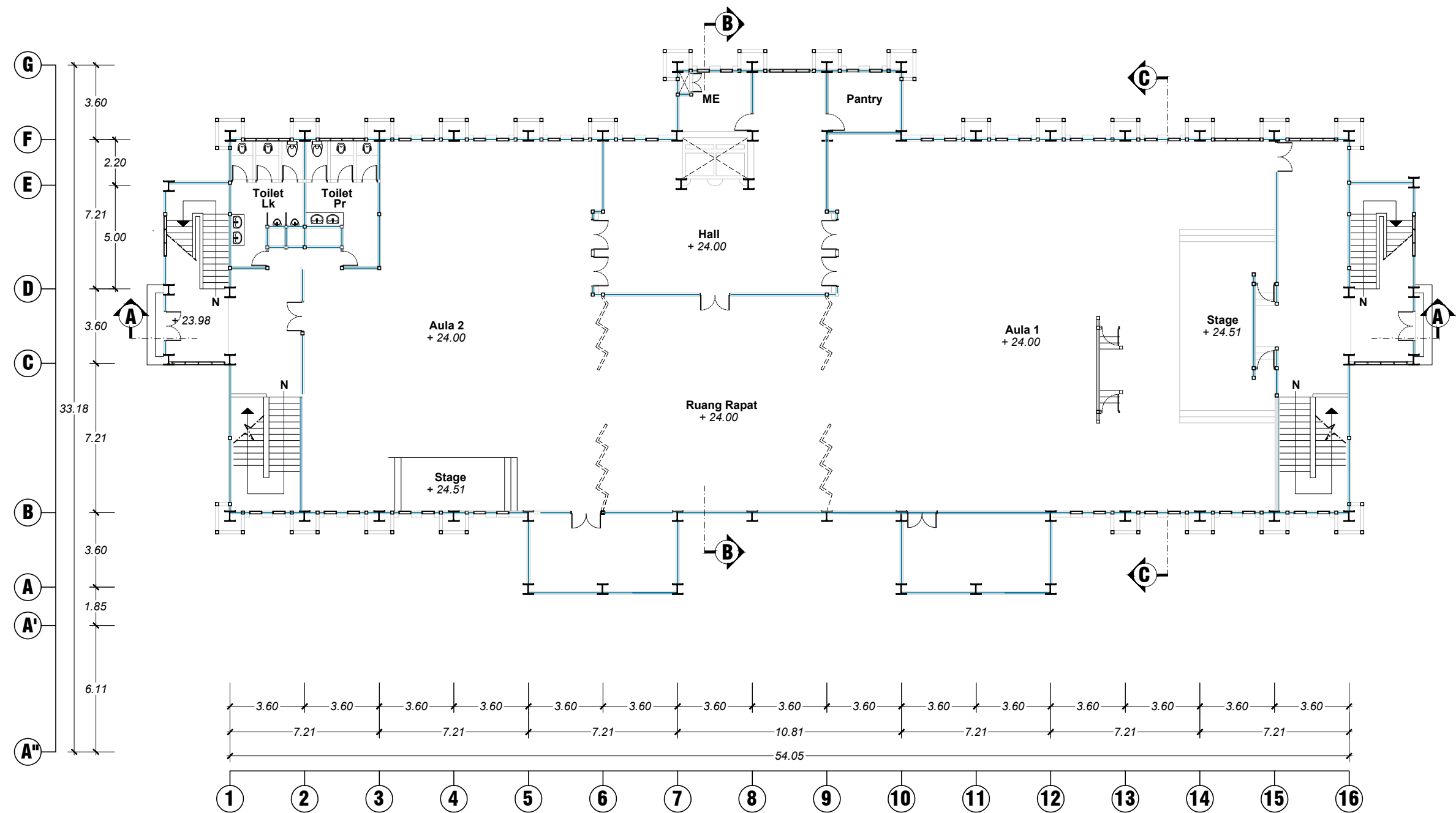
Judul Gambar :

Denah Lantai 7

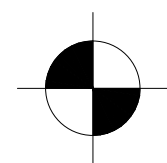
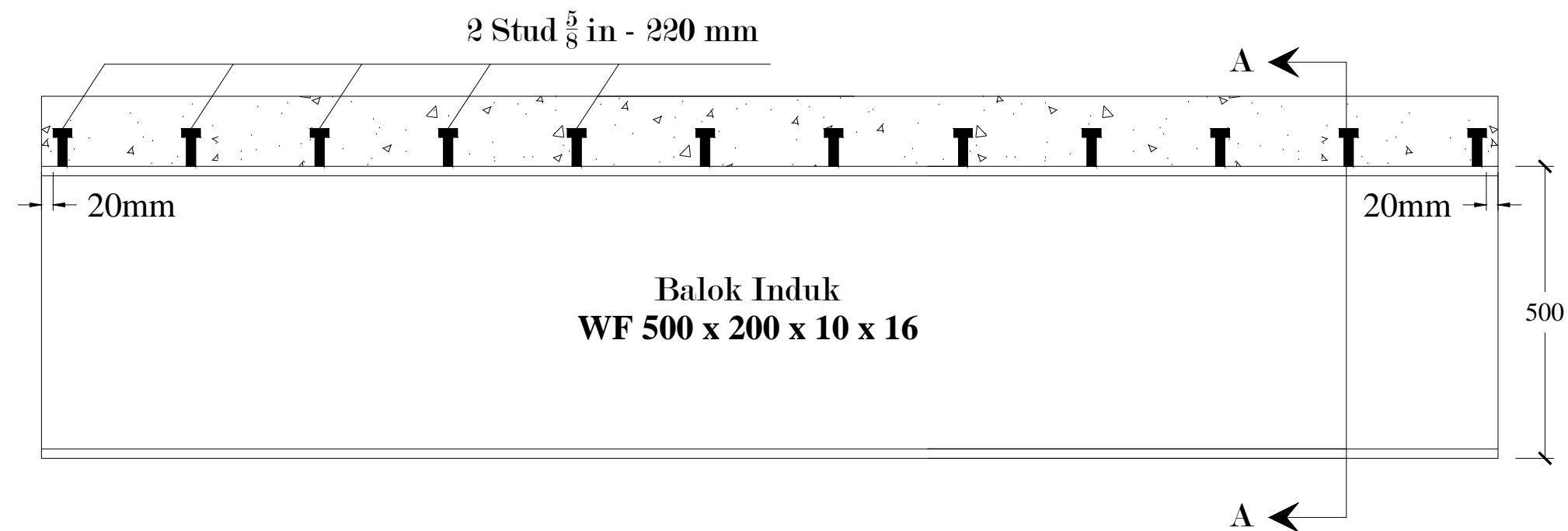
Nomor Gambar : Skala Gambar :

1 : 100

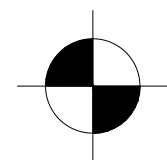
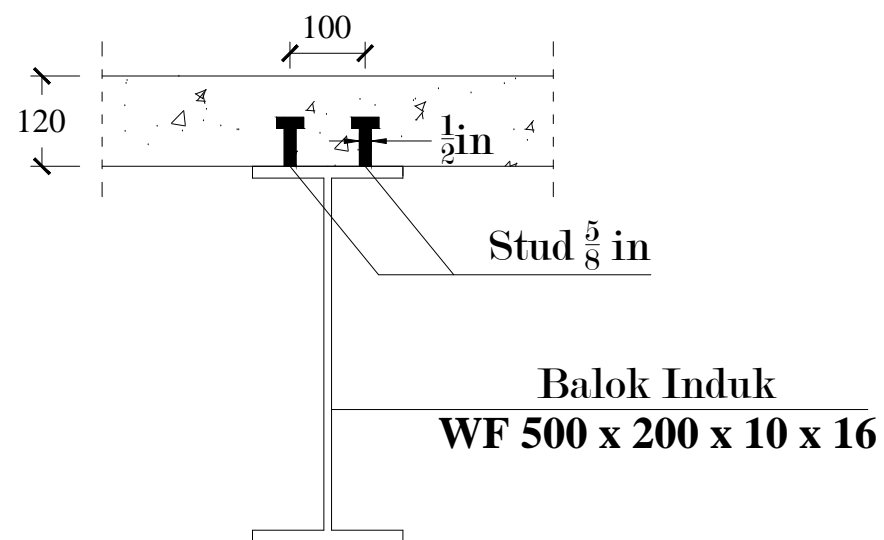
Jumlah Gambar : 1 : 100



 **Denah Lt. 7**
Skala 1 : 200



Detail Balok Komposit
Skala 1 : 100



Potongan A - A
Skala 1 : 100



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1 : Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

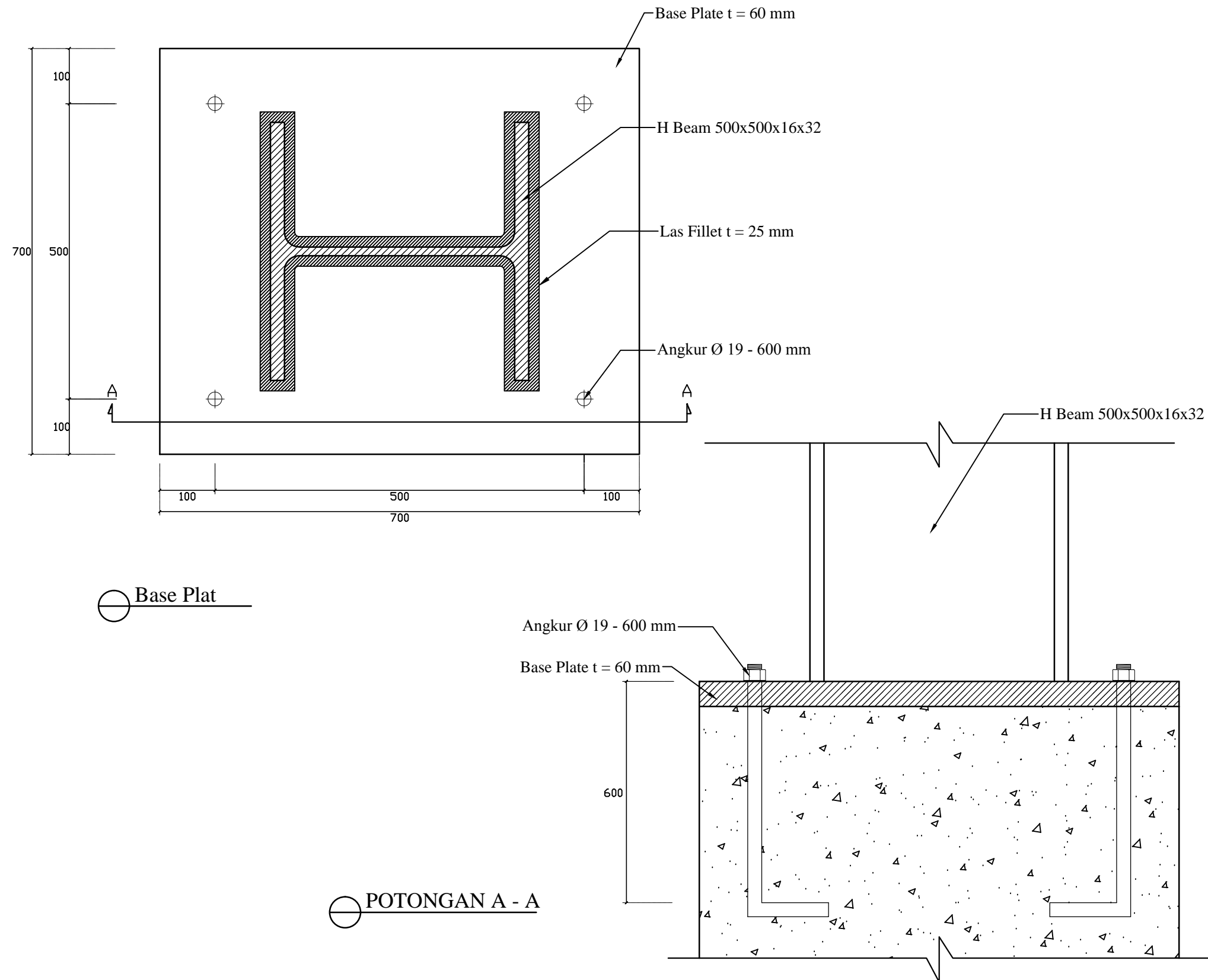
Detail Balok Komposit
Potongan A - A

Nomor Gambar : Skala Gambar :

Jumlah Gambar :

1 : 100

1 : 100



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: **Pembimbing 2 :**

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

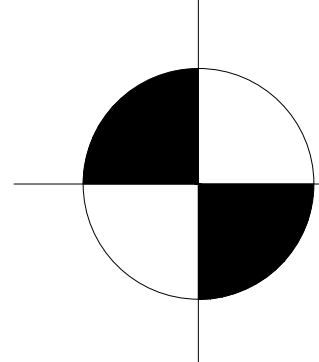
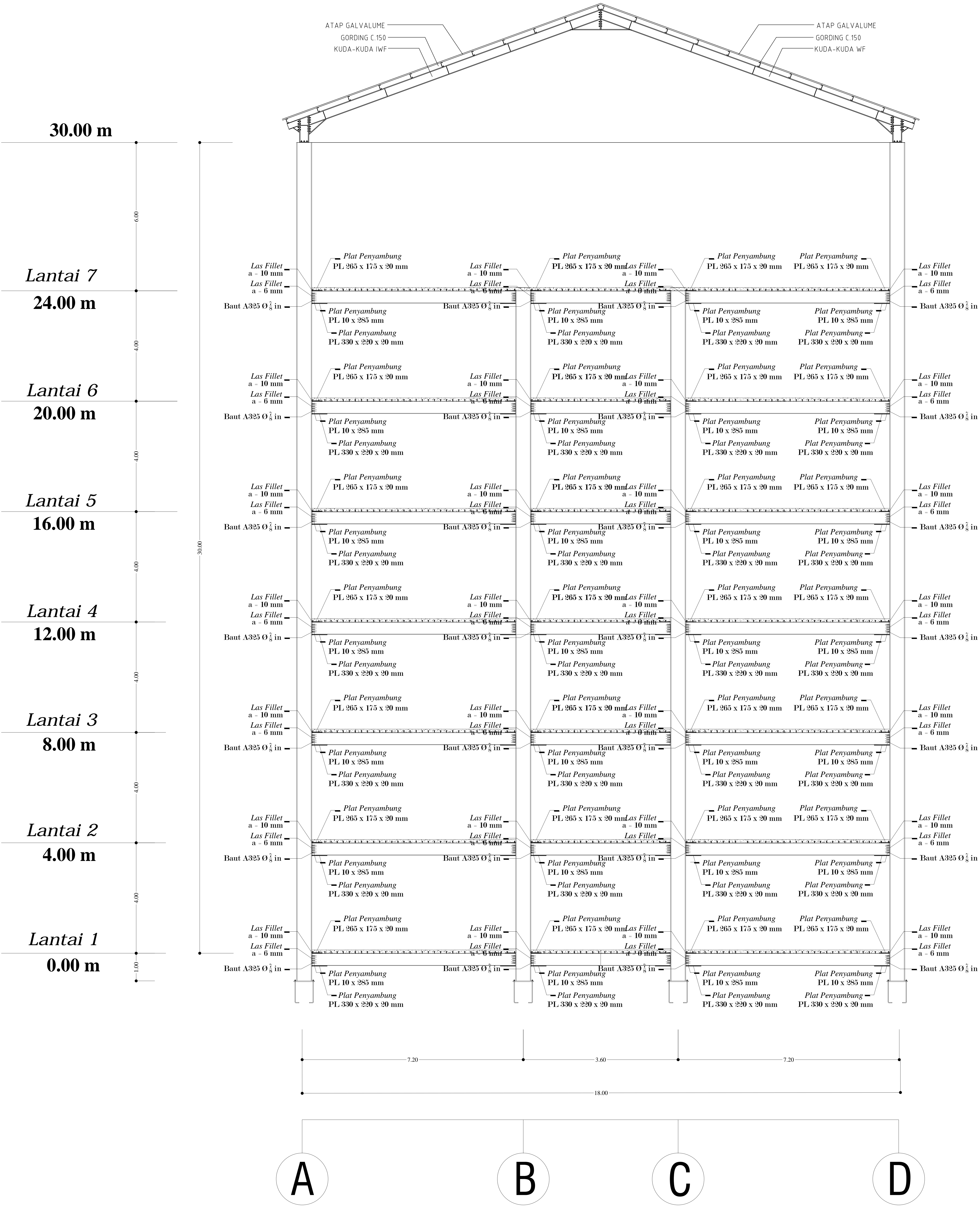
Judul Gambar :

Detail Base Plat


Potongan A - A

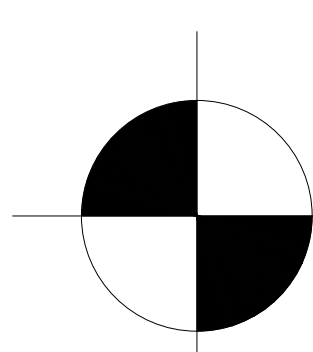
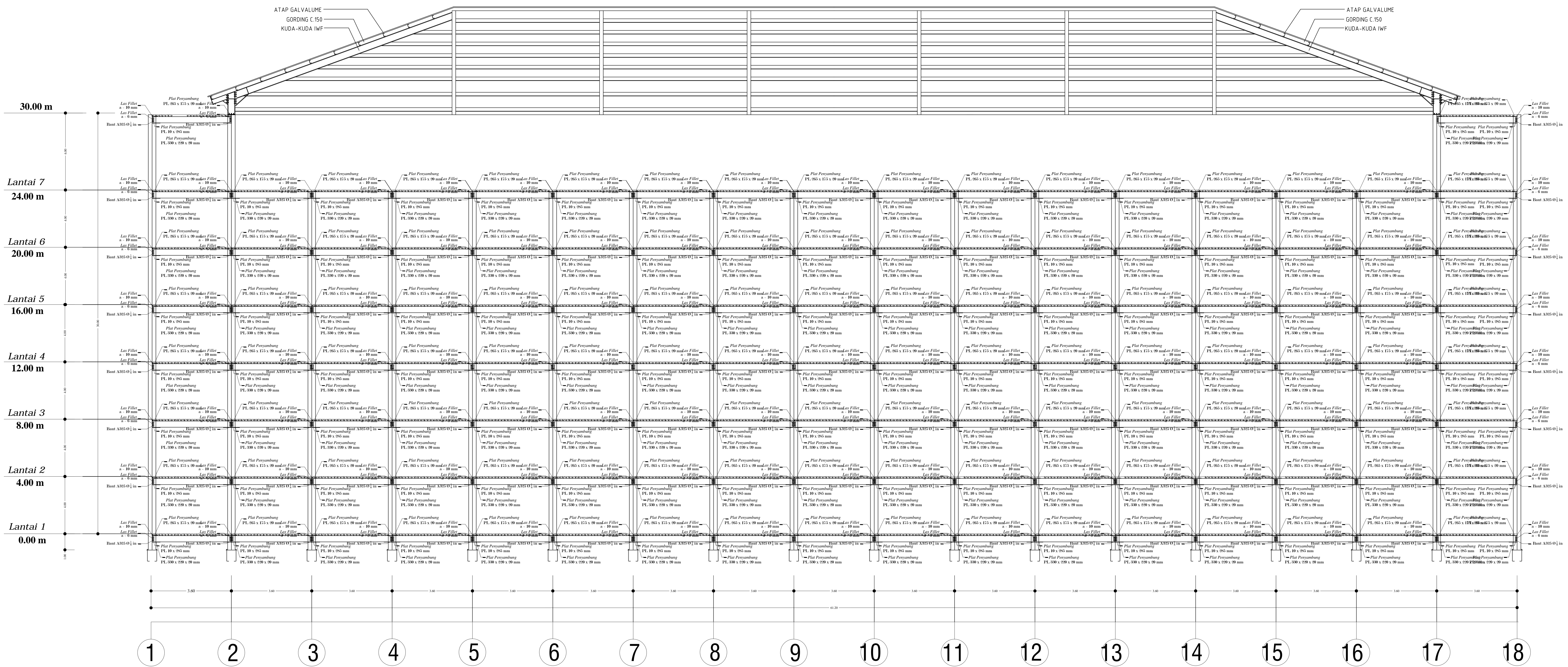
Nomor Gambar : **Skala Gambar :**

Jumlah Gambar :



PORTAL MEMANJANG LINE 1
Skala 1 : 80

 PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG	Judul Skripsi :	Objek Studi :	Pembimbing 1 :	Pembimbing 2 :	Catatan :	Judul Gambar :	Nomor Gambar :	Skala Gambar :
	STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7 LANTAI DENGAN MENGGUNAKAN RANGKA BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG	HOTEL ARIA CENTRA SURABAYA JAWA TIMUR	Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc	Moh. Erfan, ST, MT.		Portal Line 1	Jumlah Gambar :	1 : 80
		Keperluan Tugas :	Di Gambar Oleh:	Di Rencanakan Oleh:				
		SKRIPSI /TUGAS AKHIR	Mohamad Rian Nim : 12. 21. 127	Mohamad Rian Nim : 12. 21. 127				



PORTAL MEMANJANG LINE A
Skala 1 : 80



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
PADA GEDUNG KULIAH FAKULTAS
ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI /TUGAS AKHIR

Pembimbing 1:

Ir. H. Sudirman Indra, MSc

Di Gambar Oleh:

Mohamad Rian
Nim: 12.21.127

Pembimbing 2 :

Moh. Erfan, ST, MT.

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim: 12.21.127

Catatan :

Judul Gambar :

Portal Line A

Nomor Gambar :

Jumlah Gambar :

Skala Gambar :

1 : 80



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: Pembimbing 2 :

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

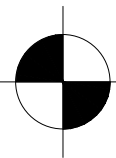
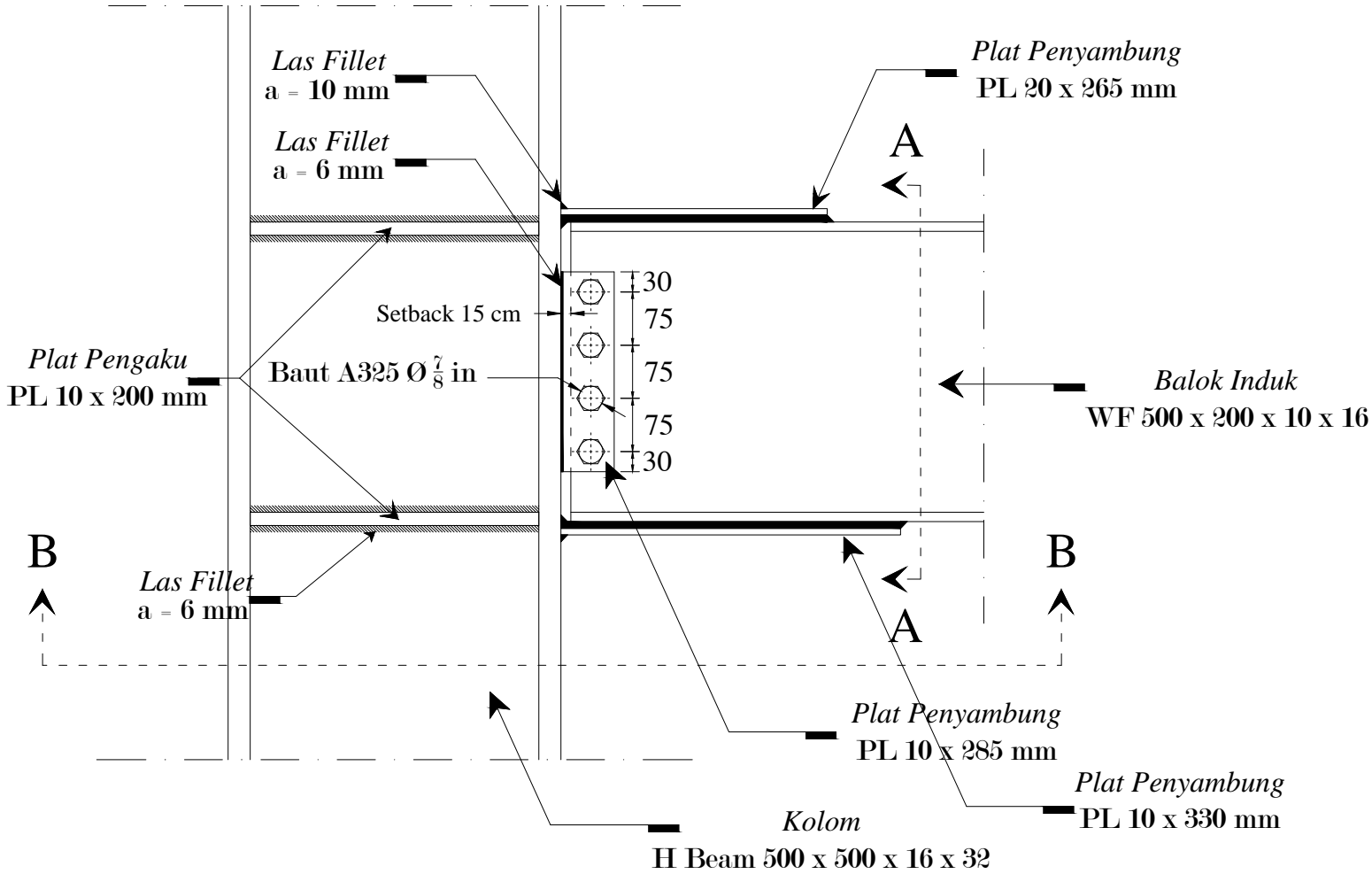
Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

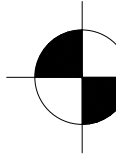
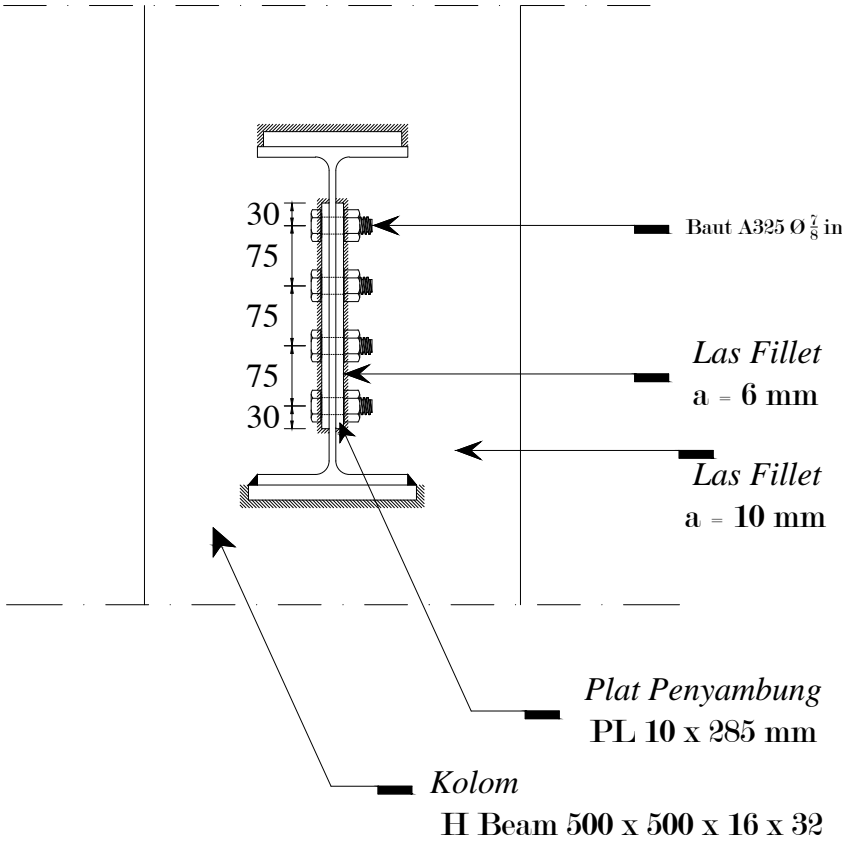
Sambungan Balok - Kolom Flens
Potongan A - A
Potongan B - B

Nomor Gambar : Skala Gambar :

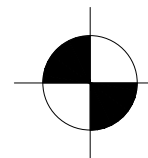
Jumlah Gambar : 1 : 10



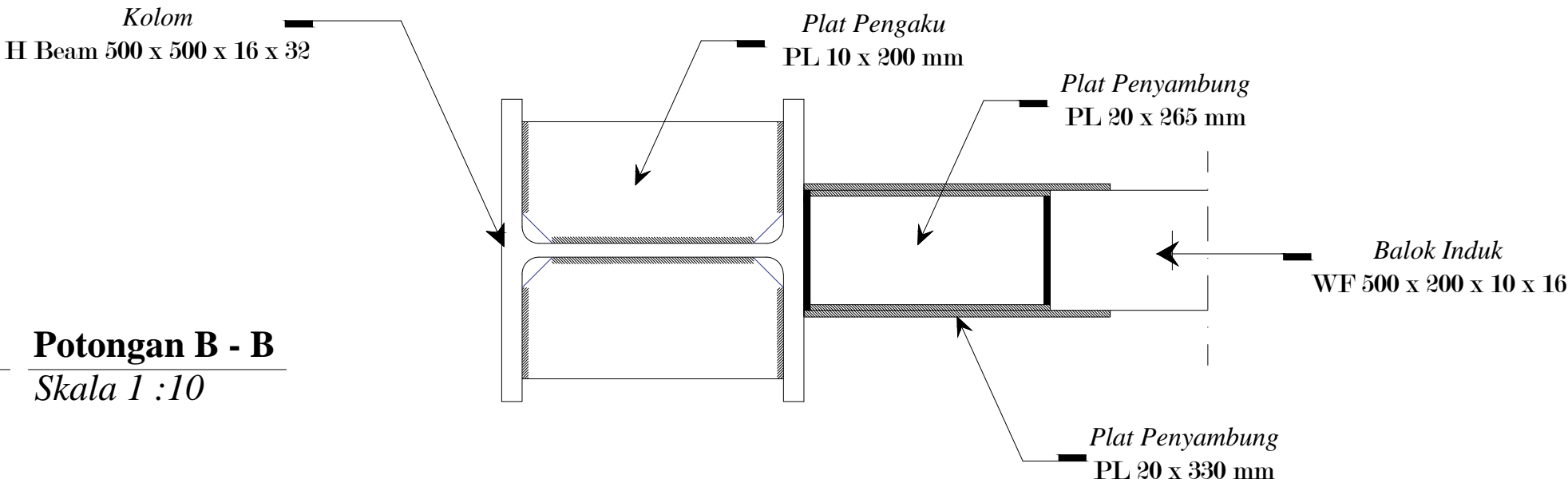
Sambungan Balok Kolom Flens
Skala 1 : 10

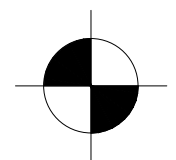
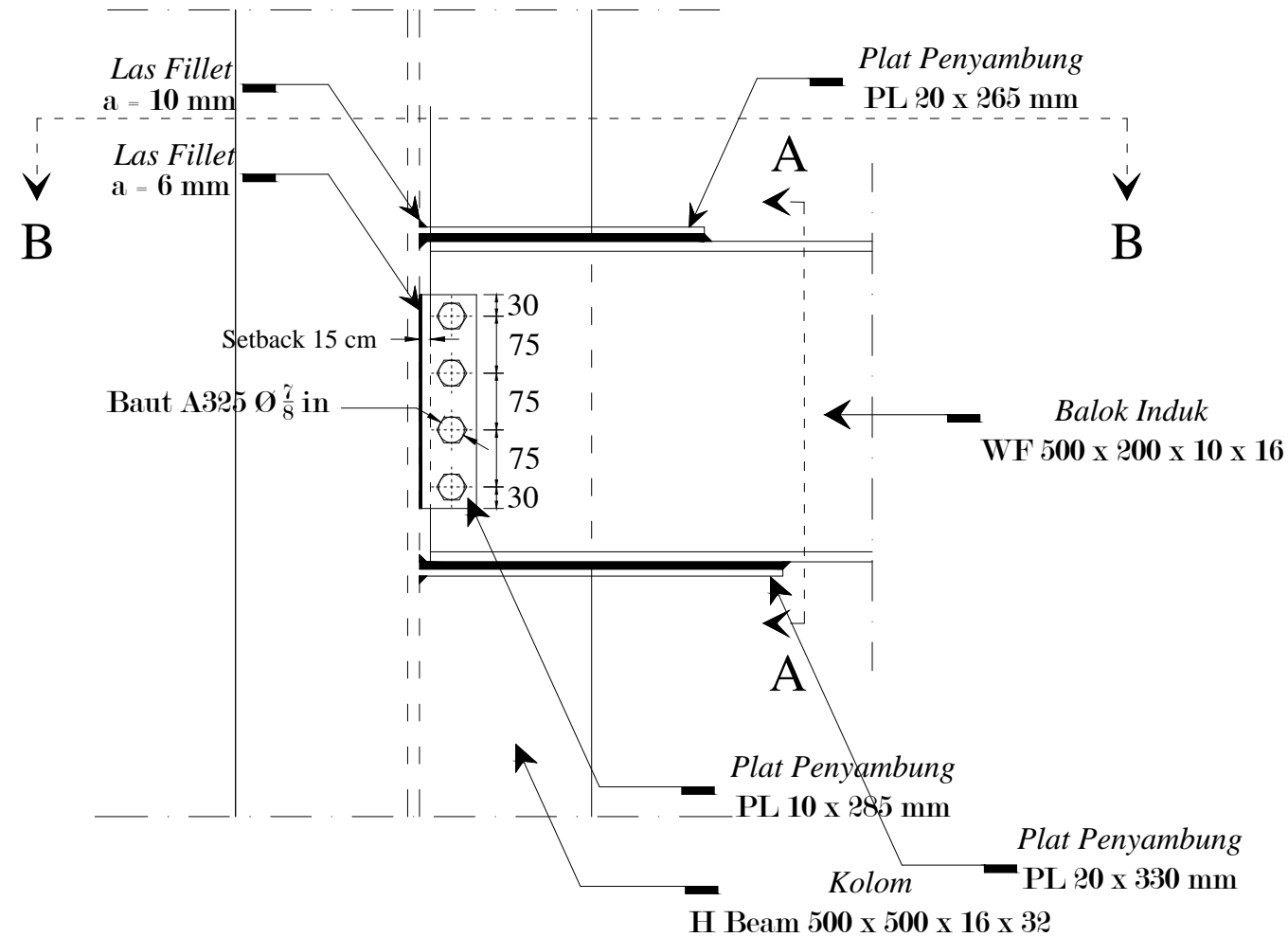


Potongan A - A
Skala 1 : 10

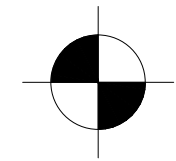
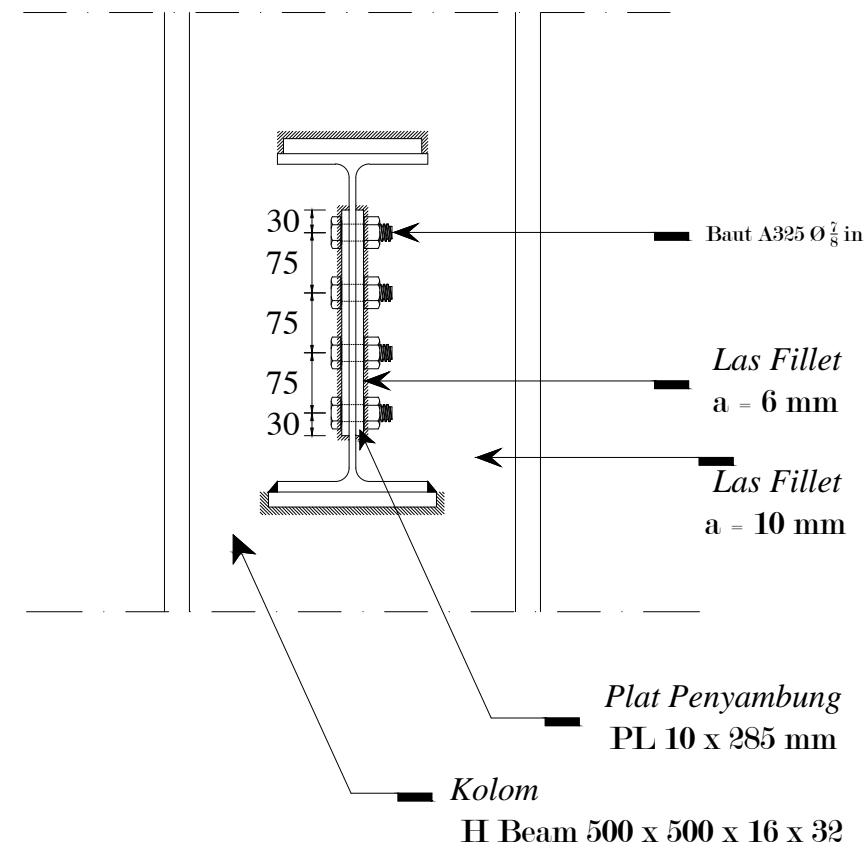


Potongan B - B
Skala 1 : 10

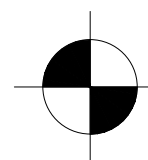
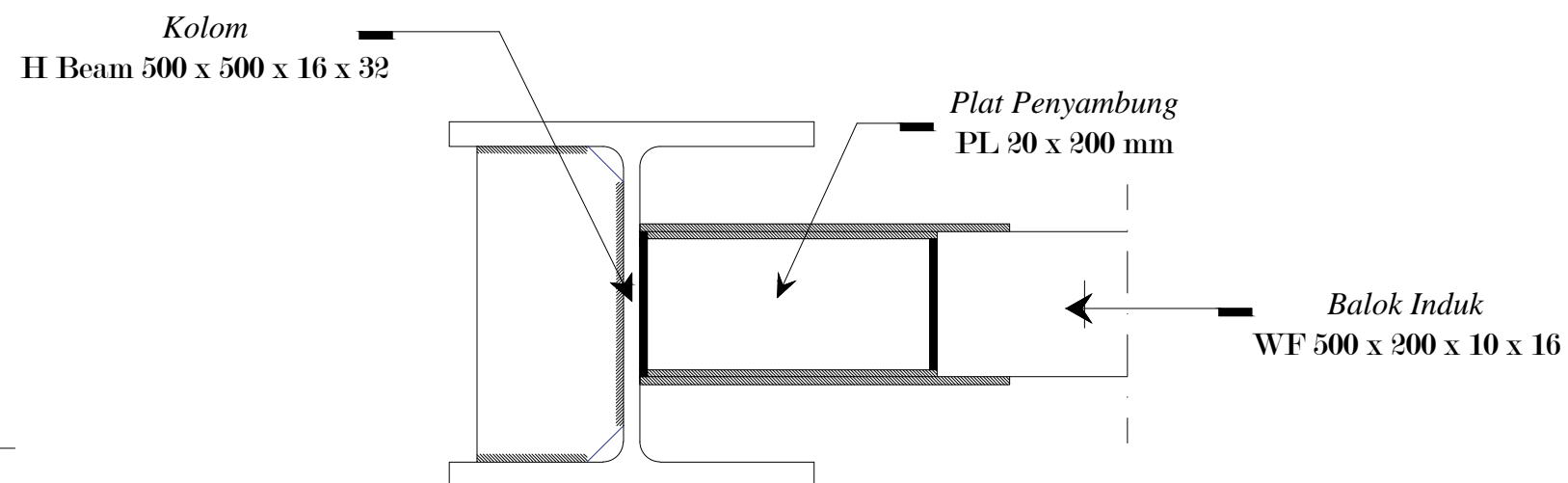




Sambungan Balok Kolom Web
Skala 1 : 10



Potongan A - A
Skala 1 : 10



Potongan B - B
Skala 1 : 10



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG

Judul Skripsi :

STUDI PERENCANAAN GEDUNG 7
LANTAI MENGGUNAKAN RANGKA
BAJA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS PADA GEDUNG KULIAH
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Objek Studi :

GEDUNG KULIAH
UNIVERSITAS NEGERI
MALANG

Keperluan Tugas :

SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Catatan :

Pembimbing 1: **Pembimbing 2 :**

Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc

Moh. Erfan, ST, M.T.

Di Gambar Oleh:

Di Rencanakan Oleh:

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Mohamad Rian
Nim : 12.21.127

Judul Gambar :

Sambungan Balok - Kolom Web
Potongan A - A
Potongan B - B

Nomor Gambar : **Skala Gambar :**

Jumlah Gambar : 1 : 10